
BACHELORARBEIT

Herr
Sebastian Löffler

**Tontechnische Konzeption des
großen Veranstaltungssaales
im zukünftigen Gemeinde-
zentrum der Evangelisch-
Freikirchlichen Gemeinde
Schneeberg K. d. ö. R.**

2013

BACHELORARBEIT

Tontechnische Konzeption des großen Veranstaltungssaales im zukünftigen Gemeinde- zentrum der Evangelisch- Freikirchlichen Gemeinde Schneeberg K. d. ö. R.

Autor:
Herr Sebastian Löffler

Studiengang:
Medientechnik

Seminargruppe:
MT09wH-B

Erstprüfer:
Herr Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel

Zweitprüfer:
Herr Prof. Dipl. Toning. Mike Winkler

Einreichung:
Mittweida, 8. August 2013

BACHELOR THESIS

Sound Conception of the Large Function Room in the Future Community Center of the Evangelisch-Freikirchliche Gemeinde Schneeberg K. d. ö. R.

Author:
Mr. Sebastian Löffler

Course of Studies:
Media Technology

Seminar Group:
MT09wH-B

First Examiner:
Mr. Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel

Second Examiner:
Mr. Prof. Dipl. Toning. Mike Winkler

Submission:
Mittweida, 8 August 2013

Bibliografische Angaben

Löffler, Sebastian:

Tontechnische Konzeption des großen Veranstaltungssaales im zukünftigen Gemeindezentrum der Evangelisch-Freikirchlichen Gemeinde Schneeberg K. d. ö. R.

Sound Conception of the Large Function Room in the Future Community Center of the Evangelisch-Freikirchliche Gemeinde Schneeberg K. d. ö. R.

XXX / 78 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2013

Referat

Die tontechnische Planung eines Veranstaltungszentrums ist eine komplexe Thematik. Mit dieser Bachelorarbeit wird eine Konzeption für den Gemeindesaal des neu zu bauenden Gemeindezentrums der Evangelisch-Freikirchlichen Gemeinde Schneeberg K. d. ö. R. entworfen. Sie dient somit als Leitfaden für die weitere Ausführungsplanung. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Grundsatzüberlegungen der Beschallungstechnik gelegt. Mit Anpassung an die jeweils vorherrschenden Gegebenheiten lassen sich die Überlegungen dieser Arbeit auf andere Veranstaltungsräume übertragen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	V
Formelverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XII
Abkürzungsverzeichnis	XIII
Danksagung	XVI
1 Einleitung.....	1
2 Der Bau des neuen Gemeindezentrums	3
2.1 Die Bauherrin EFG Schneeberg K. d. ö. R.	3
2.2 Ein „Plus“ für Schneeberg.....	3
2.3 Die Situation im alten Gemeindehaus – eine Bestandsaufnahme	4
2.4 Erwartungen an das neue Gemeindezentrum	7
2.5 Rechtliche Rahmenbedingungen	8
2.6 Die Finanzen im Blick	9
3 Der Gemeindesaal – Architektur und Entwicklungsprozess	10
3.1 Grundlegende Dimensionen des Saales	10
3.2 Hinweise zur Raumakustik	11
3.3 Saalerweiterung und große Verglasungen	13
3.4 Ungewöhnlich – die Eckbühne	14
3.5 Der Eltern-Kind-Raum	15
3.6 Die Saalregie	16
3.7 Bühnennebenraum	16
4 Vorüberlegungen zum Beschallungssystem	17
4.1 Lautsprechersysteme	17
4.1.1 Merkmale dynamischer Lautsprecher	17
4.1.2 Laufzeitunterschiede	18
4.1.3 Line-Array oder klassisches Hornsystem?	21
4.1.4 Gleichmäßige Schallverteilung mit Hornsystemen	24
4.1.5 Räumliches Hören bei Mittel- und Hochtonlautsprechern	27
4.1.6 Subwoofer und Bass-Arrays.....	30

4.2	Leistungsverstärkung	34
4.2.1	Wissenswertes zum Leistungs- und Pegelbedarf	34
4.2.2	Standort der Leistungsverstärker	36
4.3	Controlling.....	37
4.3.1	Betriebsarten der PA-Anlage.....	37
4.3.2	Lautsprechermanagement	42
4.4	Raumspezifische Hinweise.....	43
5	Entwicklung eines Konzeptes zur Saalbeschallung.....	45
5.1	Topteile	45
5.2	Subwoofer.....	51
5.3	Erweiterte Saalbeschallung mit offenem Foyer	53
5.4	Controlling.....	53
6	Bühnen-Monitoring.....	56
6.1	Grundlegende Hinweise	56
6.2	In-Ear-Monitoring	56
6.3	Das Monitoring-Konzept	57
7	Höranlage für Gehörgeschädigte	61
8	Audioübertragungen in die Nebenräume	64
9	Die Zentrale – das Mischpult der Tonregie.....	66
9.1	Signalquellen	66
9.2	Separate Mischungen.....	67
9.3	Signalbearbeitung.....	69
9.4	Analog- oder Digitaltechnik?.....	70
10	Zuspieltechnik und Aufzeichnung	72
11	Signalübermittlung und Stromversorgung	73
11.1	Vorgaben für die Elektrofachplanung	73
11.2	Das Multicore.....	74
11.2.1	Dimensionen	74
11.2.2	Digital oder analog?	74
11.3	Bühnenverkabelung.....	75
11.4	Patchbays	77
12	Fazit.....	78

Literaturverzeichnis.....	XVII
Abbildungsnachweise	XX
Anlagen.....	XXI
Eigenständigkeitserklärung.....	XXX

Formelverzeichnis

Formelzeichen

c	Schallgeschwindigkeit [m/s] (abhängig vom Medium und der Temperatur, als Richtwert in Luft etwa 340 m/s)
d_{LS}	Abstand der Lautsprecher eines Arrays zueinander [m]
d_{Nah}	Abstand von der Schallquelle bis zum Übergang Nah- / Fernfeld [m]
f	Frequenz [Hz]
$L(A)_{eq}$	energieäquivalenter Mittelwert des A-bewerteten Schalldruckpegels [dB(A)] (nach DIN 15905-5, Ausgabe 2007-11 gemessen über 30 Minuten für jede volle halbe Stunde)
$L(C)_{peak}$	Spitzenwert des C-bewerteten Schalldruckpegels [dB(C)]
L_{Array}	Länge (bzw. Höhe) des Arrays [m]
L_p	Schalldruckpegel [dB, bzw. dB _{SPL}]
s	Weg bzw. Länge [m]
t	Zeit [s]

Einheiten

1 dB	Dezibel (1/10 Bel), logarithmisches Maß für Pegel (z. B. für den Schalldruckpegel, auch: dB _{SPL})
1 dB(A)	Einheit des A-bewerteten Schalldruckpegels (näherungsweise dem Frequenzgang des menschlichen Ohres bei moderaten Lautstärken angepasst)
1 dB(C)	Einheit des C-bewerteten Schalldruckpegels (näherungsweise dem Frequenzgang des menschlichen Ohres bei hohen Lautstärken angepasst)
1 Hz	Hertz, Einheit der Frequenz (1 Hz = 1/s)

1 m	Meter (SI-Einheit)
1 s	Sekunde (SI-Einheit)

Vielfache und Teile von Einheiten

c	Zenti- (0,01)
d	Dezi- (0,1)
k	Kilo- (1000)
m	Milli- (0,001)

Formeln

4.1.2-1 Die Schallgeschwindigkeit:

$$c = \frac{s}{t}$$

4.1.2-2 Die Verzögerungszeit von LS₂ bei zwei Lautsprechern:

$$t_{Delay,LS_2} = t_{\overline{LS_1H}} - t_{\overline{LS_2H}}$$

4.1.2-3 Die Laufzeit des Schalls nach Formel 4.1.2-1:

$$t = \frac{s}{c}$$

4.1.3-1 Der Abstand von der Quelle für den Übergang vom Nahfeld zum Fernfeld:

$$d_{Nah} = \frac{(L_{Array})^2 f}{2c}$$

4.1.3-2 Die erforderliche Arraylänge (bzw. -höhe) für einen festgelegten Nahfeld-Fernfeld-Übergang und eine bestimmte Frequenz:

$$L_{Array} = \sqrt{\frac{2c \cdot d_{Nah}}{f}}$$

4.1.6-1

Die Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Versetzte Lautsprecherboxen (rot) im derzeitigen Gemeindesaal.	5
Abb. 2: Ungünstige Anordnung der Tonregie im derzeitigen Gemeindesaal – unterschiedliche Hör- und Arbeitsrichtung am linken Mischpult.	6
Abb. 3: Simulation der Außenansicht nach dem Umbau.	10
Abb. 4: Grundriss mit asymmetrischer Bestuhlung (schwarz und blau), Erweiterung (grün) sowie Glasflächen (rot).	11
Abb. 5: Simulation des vergrößerten Saales bei geöffneter Mobiltrennwand.	13
Abb. 6: Fünfseitige Eckbühne mit geteiltem Vorhang und Aufgängen in der Raumakustik-Simulationssoftware CARA.	14
Abb. 7: Vergleich der Interferenzen zweier Subwoofer bei 100 Hz im Abstand von 14 m (links) und 1,4 m (rechts).	32
Abb. 8: Vergleich von vier Subwoofern bei 100 Hz im Abstandsrastraster von 1,4 m ohne Curving (links), mit Zurücksetzen der äußeren beiden Subwoofer um 85 cm (Mitte) und mit Delay-Curving der äußeren um 2,5 ms (rechts).	34
Abb. 9: Main LR (rot), Sidefills (blau) und LR-Delayline (gelb).	46
Abb. 10: Main-LR (rot), Main-Center (blau) und LR-Delayline (gelb).	47
Abb. 11: Center-Cluster (rot) mit Winkelhalbierenden (grün), zwei Delay- Cluster (blau) sowie ein weiteres Delay-Topteil (gelb) in der Mitte.	48
Abb. 12: Geteiltes Center-„Cluster“ (rot).	49
Abb. 13: Ansicht der Lautsprecheranordnung in der Raumakustik- Simulationssoftware CARA.	50
Abb. 14: Verhältnismäßig mittiges Main LR (rot) für eine gute horizontale Lokalisation, zwei äußere Delay-Topteile (blau) sowie ein drittes (gelb) für die abgelegene Regie.	51
Abb. 15: Die vier Subwoofer in der Bühnenfront, Darstellung hinterlegt mit Freifeldsimulation bei 100 Hz und Delay-Curving mit 2,5 ms.	52
Abb. 16: Bühnenaufstellung und Monitoring.	59
Abb. 17: Bühnenunterverteilung A bis E, sowie Zentralpunkt mit nachrüstbarem Splitter.	76

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Pegelanteile Stereo in Prozent.	38
Tab. 2: Signalanteile Stereo in Prozent.	39
Tab. 3: Pegelanteile LCR in Prozent.	40
Tab. 4: Signalanteile LCR in Prozent.	40
Tab. 5: Pegelanteile LR+M in Prozent.	41
Tab. 6: Signalanteile LR+M in Prozent.	41
Tab. 7: DSP-Einstellungen Controller A.	54
Tab. 8: DSP-Einstellungen Controller B.	55

Abkürzungsverzeichnis

A/D-Wandler	Analog-Digital-Umsetzer bzw. -Wandler
AES/EBU	Bezeichnung der Schnittstelle AES3 zur Übertragung digitaler (Zweikanal-)Audiosignale (wörtl. „Audio Engineering Society / Europäische Rundfunkunion“)
AK	Arbeitskreis
Amp	Verstärker (engl. „amplifier“)
Aux	„Hilfs“-Weg oder -Eingang (auch: AUX; engl. „auxiliary“)
BassGit	Bassgitarre
BEFG	Bund Evangelisch-Freikirchlicher Gemeinden in Deutschland K. d. ö. R.
C	Mitte / engl. „center“
CARA	Computer Aided Room Acoustics: eine Raumakustik-Simulationssoftware
CAT	Kategorie (engl. „category“) zur Klassifizierung von Twisted-Pair-Kabeln, also Kabeln mit verdrehten Adernpaaren
Center	Center-Lautsprecher / -Cluster
Ch	Kanal (engl. „channel“)
DCA	digital gesteuerter Verstärker (engl. „digital controlled amplifier“)
DI-Box	Modulationstrennübertrager (engl. „Direct Injection Box“)
DSP	digitaler Signalprozessor
Dufff	Dufff youth ministry: Jugendarbeit der EFG Schneeberg (auch: dufff oder DUFFF; engl. „Devoted, Unified, Faithful, Friends of the Father“)
EFG Schneeberg	Evangelisch-Freikirchliche Gemeinde Schneeberg K. d. ö. R.

EKR	Eltern-Kind-Raum
ELA	elektroakustische Anlage (auch: elektrische Lautsprecheranlage)
FM	Frequenzmodulation
GEQ	graphischer Equalizer
GG	Grundgesetz
H	Hörer
HP	Hochpass
IEM	In-Ear-Monitoring
IR	Infrarot
K. d. ö. R.	Körperschaft des öffentlichen Rechts (auch: KdöR, K. ö. R. oder KöR)
Keys	Tasteninstrumente (engl. „keyboards“)
L	links / engl. „left“
LS	Lautsprecher; Lautsprecherbox (Lautsprechersystem)
LGit	Lead-Gitarre
LV	siehe „LVoc“
LVoc	Lead-Gesang, Solo-Gesang (auch: LV; engl. „lead vocals“)
MZR	Mehrzweckraum; speziell der MZR an der SW-Seite des neuen Gemeindezentrums der EFG Schneeberg
PA	Beschallungsanlage (engl. „Public Address“)
Pan	Panorama, Panorama-Regler
Panning	das Panorama einstellen (auch: pannen (Anglizismus))
Pnf	Panflöte

Poti	Potentiometer; gelegentlich auch auf digitale Encoder übertragen
R	rechts / engl. „right“
RBL	Regenbogenland: Kinderveranstaltung der EFG Schneeberg
RhGit	Rhythmus-Gitarre (auch: RG)
RG	siehe „RhGit“
SächsVStättVO	Sächsische Versammlungsstättenverordnung
SI	Internationales Einheitensystem (franz. „Système international d’unités“)
SPL	Schalldruckpegel (engl. „Sound Pressure Level“)
Sub	Subwoofer
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
Top	Topteil (oben positionierte Lautsprecherbox)
TP	Tiefpass
URL	Quellenanzeiger in Computernetzwerken (engl. „Uniform Resource Locator“)
V	Gesang (engl. „vocals“)
VCA	spannungsgesteuerter Verstärker (engl. „voltage controlled amplifier“)
Vio	Violine
WRV	Weimarer Verfassung (offiziell: Verfassung des Deutschen Reichs, auch: Weimarer Reichsverfassung)
Z	Zone

Danksagung

Der größte Dank gilt meinem Herrn Jesus Christus, der mich bei der Anfertigung dieser Arbeit so zuverlässig begleitet hat. Herzlich danken möchte ich meiner lieben Frau Miriam sowie meinen Eltern für alle Hinweise, Geduld und Unterstützung. Mein Dank gilt außerdem der EFG Schneeberg, insbesondere Harald und Margitta für das Korrekturlesen, dem AK Bau sowie meinen Kollegen vom Technikteam. An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Hösel und Herrn Prof. Winkler für alle Ratschläge und die Übernahme der Prüferschaft dieser Arbeit bedanken.

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der tontechnischen Konzeption des großen Veranstaltungssaales – Gemeindesaal genannt – im zukünftigen Gemeindezentrum¹ der EFG Schneeberg. Dabei wird auf die Situation und die individuellen Bedürfnisse der Gemeinde Bezug genommen. Den Entscheidungsträgern soll diese Arbeit als Leitfaden für die Auswahl sowie die bevorstehende Ausführungsplanung der tontechnischen Anlage des Gemeindesaales dienen, sodass sie den voraussichtlichen Veranstaltungen unter Beachtung der gegebenen Rahmenbedingungen gerecht wird. Die Konzeption kann daher nur empfehlenden Charakter bei Berücksichtigung der aktuellen Situation haben. Die tatsächliche Umsetzung ist unabhängig von dieser Arbeit und erfolgt voraussichtlich im Jahr 2014. Die Betrachtung weiterer Gebäudeteile wird in der vorliegenden Arbeit nur insofern berücksichtigt, als Schnittstellen mit dem Gemeindesaal Einfluss auf dessen Konzeption ausüben. Die Reihenfolge der Erläuterungen richtet sich nach dem Entscheidungsprozess und verläuft somit etwa in umgekehrter Richtung zur Signalkette.

Im folgenden Kapitel stelle ich zunächst die EFG Schneeberg mit dem Projekt des neuen Gemeindezentrums vor. Anschließend gehe ich im dritten Kapitel auf die Architektur des Gemeindesaales genauer ein und gebe Hinweise zu deren Entwicklungsprozess. Die Beschallung ist der Kern der tontechnischen Anlage im Gemeindesaal. Den Schwerpunkt dieser Arbeit lege ich deshalb auf die Vorüberlegungen im vierten Kapitel. Besondere Beachtung schenke ich dabei denjenigen Eigenschaften von Lautsprechersystemen, die bei mobilen Beschallungsanlagen oftmals vernachlässigt werden, deren Beachtung aber zu einer höheren Qualität der fest installierten Beschallungsanlage im Gemeindesaal beiträgt. Aufgrund dieser Vorüberlegungen entwerfe ich im darauf folgenden Kapitel ein Konzept zur Beschallung des Gemeindesaales. Im sechsten Kapitel geht es um das Monitoring auf der Bühne. Von Hinweisen zur Höranlage für Gehörgeschädigte sowie den Audioübertragungen in die Nebenräume sind die beiden folgenden Kapitel gekennzeichnet. Im Kapitel neun beschäftige ich mich mit dem Mischpult, der Zentrale der tontechnischen Anlage. Im nachfolgenden Kapitel behandle ich die Zuspield- und Aufzeichnungstechnik. Vorschläge zu Signalübermittlung und Stromversorgung sind Inhalt des elften Kapitels. Zum Schluss reflektiere ich meine Überlegungen in einem Fazit.

¹ Bei dem Neubau handelt es sich nicht um ein typisches Kirchengebäude, sondern ein modernes Veranstaltungszentrum.

Es sei darauf hingewiesen, dass die in dieser Arbeit der Übersichtlichkeit halber verwendete sprachliche Form der Personenbeschreibung keinen Rückschluss auf das Geschlecht einer Person erlaubt.

2 Der Bau des neuen Gemeindezentrums

2.1 Die Bauherrin EFG Schneeberg K. d. ö. R.

Bauherrin des neuen Gemeindezentrums ist die Evangelisch-Freikirchliche Gemeinde (EFG) in Schneeberg, einer Kleinstadt im Westerzgebirge mit rund 15.000² Einwohnern. Die EFG Schneeberg ist eine Baptistengemeinde³ und hat derzeit 157 Mitglieder, dazu etwa 70 Freunde und Kinder. Sie gehört zum Bund Evangelisch-Freikirchlicher Gemeinden in Deutschland K. d. ö. R. (BEFG). Als Baptistengemeinde glaubt sie der „frohen Botschaft“⁴ von Jesus Christus und steht im Besonderen für die persönliche Entscheidungsfreiheit eines jeden Menschen sowie die Trennung von Kirche und Staat. Ihre Finanzierung erfolgt „ausschließlich über freiwillige Spenden [ihrer] Mitglieder und Freunde“⁵.

Bemerkenswert ist ihre Rechtsform. So hat die EFG Schneeberg bereits seit 1924 die Rechte einer Körperschaft des öffentlichen Rechts (K. d. ö. R.)⁶ – unabhängig von ihrer Mitgliedschaft im BEFG.

2.2 Ein „Plus“ für Schneeberg

Ziel des neuen Gemeindezentrums ist es, einen Mehrwert für die Menschen aus Schneeberg und Umgebung zu schaffen. Die Grundlage für den Bau des neuen Gemeindezentrums bildet das leer stehende Gebäude eines ehemaligen Plus-Supermarktes. In Zukunft soll das Gebäude „[e]in ‚Plus‘ für Schneeberg“⁷ sein, in dem Menschen eine Perspektive finden können. Zudem kann das Gemeindezentrum aufgrund seiner Lage eine „Brücke“ zwischen dem Schneeberger Zentrum und einem Neubau-Wohngebiet schlagen.

Zu dem im Dezember 2012 erworbenen Gelände gehört außerdem ein weiteres Gebäude, das einen Getränkemarkt sowie einen Bäcker beherbergt. Ein Fleischer soll

² Vgl. Stadtverwaltung Schneeberg, Glück Auf!, 18.07.2013.

³ „Baptisten“ leitet sich vom griech. „baptizein“ ab, zu Deutsch „untertauchen“, was sich auf die Taufe bezieht.

⁴ „Frohe Botschaft“ ist die deutsche Übersetzung von „Evangelium“ (griech. „eu-angelion“).

⁵ Evangelisch-Freikirchliche Gemeinde Schneeberg K. d. ö. R., EFG ist die Abkürzung für....., 18.07.2013.

⁶ Im Sinne des Art. 140 GG in Verbindung mit Art. 137 Abs. 5 WRV.

⁷ Evangelisch-Freikirchliche Gemeinde Schneeberg K. d. ö. R., Ein „Plus“ für Schneeberg, 18.07.2013.

hinzukommen – in Verbindung mit einem sozialen Projekt. Im mittleren Teil des Nebengebäudes, einer ehemaligen Drogerie-Filiale, werden in Zukunft die Jugendräume untergebracht sein.

2.3 Die Situation im alten Gemeindehaus – eine Bestandsaufnahme

Derzeit ist die Gemeinde in einem Altbau untergebracht, der um einen Anbau erweitert wurde. Die meisten der zahlreichen, unterschiedlichen Veranstaltungen finden in diesem Gemeindehaus statt. Wöchentlicher Höhepunkt ist der gemeinsame Gottesdienst, der in aller Regel jeden Sonntag Vormittag stattfindet und – abgesehen von Seminartagen mit einem zusätzlich vergrößerten Anteil an Gästen – die meisten Besucher zählt. Bei etwa 140 bis 170⁸ Besuchern kommt der alte Gemeindesaal rasch an seine Grenzen. Das betrifft nicht nur die Zahl der Sitzplätze, sondern beispielsweise auch die ordnungsgemäße Belüftung. Auch die um eine Stufe erhöhte Bühne ist nicht sehr groß, was besonders bei Theaterdarbietungen zum Tragen kommt – oder aber bei Taufgottesdiensten, denn dann ist das sonst unter dem Bühnenboden liegende Taufbecken⁹ geöffnet.

Ein typisches Merkmal der Gottesdienste ist der Einsatz moderner Musik – in aller Regel zum Mitsingen der Gemeinde. Die Texte werden dazu mittels Beamer¹⁰ an eine Leinwand projiziert. Aufgrund deren niedriger Position – durch die geringe Raumhöhe bedingt –, nur unzureichender Verdunklungsmöglichkeiten sowie zweier Säulen mitten im Saal, ist eine gute Sicht nur begrenzt gewährleistet. Ähnliches gilt für die Bühne.

Innerhalb der EFG Schneeberg gibt es drei bis vier Bands unterschiedlicher Besetzung. Zumeist wird mit elektrischem, seltener akustischem Schlagzeug, Stage-Piano, Bassgitarre und einer oder mehreren Akustik-Gitarren mit Tonabnehmer gespielt, manchmal unterstützt von elektrischer oder semiakustischer Gitarre, Violine, Panflöte, Synthesizer oder auch einem Widderhorn. Dabei singen selten weniger als zwei, meist drei Sänger. Es können aber auch schon mal ganze Gruppen sein. Außer

⁸ Die Anzahl der Kinder und Kindermitarbeiter, die den Gottesdienst nach einer gewissen Zeit für ihr eigenes Programm im „Regenbogenland“ verlassen, ist darin mit enthalten.

⁹ Baptistische Taufbecken sind in aller Regel begehrbar, vergleichbar mit einem kleinen Swimmingpool, und dienen zum vollständigen Untertauchen desjenigen, der sich (freiwillig) taufen lässt.

¹⁰ Exakt: Videoprojektor.

den Bands gibt es noch einen gemischten Chor von 16 bis 20 Sängern, der sich mit den Bands abwechselt.

Jegliche Sprach- und Musikdarbietungen sowie Zuspieler werden von einer Beschallungsanlage verstärkt, die im Grunde genommen aus zwei verschiedenen Systemen besteht. Zum einen handelt es sich um einen Powermischer älteren Datums mit je drei bzw. vier Lautsprecherboxen pro Seite¹¹, die an der Wand installiert sind. Die Boxen werden jedoch alle zeitgleich angesteuert, also nicht entsprechend der Schallausbreitung verzögert. Mit einem verschlossenen graphischen Equalizer (GEQ) wurde dieses System einst an den Raum angepasst. Zum zweiten gibt es zusätzlich ein mobiles System, bestehend aus zwei passiven Fullrange-Boxen, einem 18“-Subwoofer und dem dazugehörigen Endstufenrack mit Frequenzweiche.¹² Dieses System wird von einem zweiten Mischpult gespeist und ist nicht an den Raum angepasst. Zudem steht aufgrund der asymmetrischen Bühne eine Fullrange-Box weiter vorn als die andere.



Abb. 1: Versetzte Lautsprecherboxen (rot) im derzeitigen Gemeindesaal.

¹¹ Die Stuhlreihen der rechten Saalseite reichen aufgrund der asymmetrischen Bühnenform weiter nach vorn. Auf der linken Seite wurde daher eine Lautsprecherbox entfernt.

¹² Manchmal wird es durch ein aktives System ausgetauscht. Diese mobilen Systeme sind Privateigentum von Mitgliedern und Freunden der Gemeinde.

Für instrumentale Zuspäler bei Chorauftritten werden außerdem oder stattdessen zwei weitere Topteile verwendet, die sowohl als Monitoring als auch als Saalbeschallung dienen. Die Bandmusiker haben indes zwei aktive Bodenmonitore zur Verfügung, die jedoch nur einen gemeinsamen Monitormix erhalten. Darüber hinaus werden zwei Studiomonitore von Pianist und E-Schlagzeuger jeweils für direktes Monitoring benutzt.

Um das Chaos perfekt zu machen, sind beide Beschallungssysteme miteinander vernetzt, sodass das Musikpult auch den Powermischer speist. Letzterer wird meist selbstständig für die Sprachverstärkung genutzt. Dennoch liegen sowohl Rednermikrofon als auch die beiden Mikroportstrecken an beiden Pulten an. Das Musikpult wird jedoch nie allein genutzt, da erstens eine Delayline fehlt und zweitens die Mithörfunktion im Eltern-Kind-Raum vom Powermischer abhängig ist; desgleichen auch die Summe für den Mitschnitt im Tonrechner, die vorher noch durch ein Kassettendeck geschleift wird. Dass sich die Tonregie an der Außenwand befindet, zu wenig Direktschall bekommt und zudem die beiden Pulte im rechten Winkel zueinander stehen, sodass der Tontechniker bei Arbeiten am auf Kniehöhe stehenden Musikpult niemals die Bühne im Blickfeld hat, macht die Angelegenheit nicht einfacher.



Abb. 2: Ungünstige Anordnung der Tonregie im derzeitigen Gemeindesaal – unterschiedliche Hör- und Arbeitsrichtung am linken Mischpult.

Dazu kommen diverse Defekte an Pult¹³ und DI-Boxen¹⁴, ein rauschender Bassgitarren-Amp, begrenzte Klang- und fehlende Dynamik-Bearbeitungsmöglichkeiten sowie Brummen verursachende Einstreuungen durch die Lichttechnik. Darüber hinaus dient die hintere Saalerweiterung als „Bassfalle“ und die einstigen Akustikelemente wurden durch Farbanstrich zerstört.

2.4 Erwartungen an das neue Gemeindezentrum

Im Allgemeinen wie im Speziellen soll mit dem Bau des neuen Gemeindezentrums freilich ein weitreichender Abbau der gegenwärtigen Defizite einhergehen. Das gilt in gleicher Weise für Akustik und Tontechnik des großen Gemeindesaales. Die Verwendung einer Beschallungsanlage ist für die Gemeinde selbstverständlich. Neben dieser soll im neuen Gemeindezentrum auch eine Höranlage für gehörgeschädigte Besucher installiert werden.

Im Gemeindesaal wird besonders eine hohe Sprachverständlichkeit erwartet. Aber auch die Musikverständlichkeit moderner Pop- und Rockmusik soll gewährleistet sein. Dazu gehört auch ein definierter, nicht zu lauter Bühnensound. Zu praktisch jeder Veranstaltung im Gemeindesaal werden weiterhin Darbietungen von Band oder Chor stattfinden. Eine vielfältig nutzbare Verkabelung ist Voraussetzung für den wechselnden Betrieb. Der Einsatz eines akustischen Schlagzeugs ist zumindest wünschenswert. Darüber hinaus sollen auch Tanzveranstaltungen bzw. Konzerte¹⁵ möglich sein. Wie bisher ist auch die Möglichkeit einer Tonaufzeichnung der Predigten erforderlich.

Für die Erreichung eines guten Klangbildes sollen vom Regieplatz aus umfangreiche Einflussmöglichkeiten auf jede einzelne Signalquelle gegeben sein – bei gleichzeitig „relativ einfacher“ Bedienung. Dass dabei Kompromisse zu erwarten sind, ist offensichtlich, denn das Veranstaltungsprofil mit Live-Musik bedarf schlichtweg einer gewissen Fachkompetenz des verantwortlichen Tontechnikers. In jedem Fall wird die Inbetriebnahme der Saaltechnik auch in Zukunft eingewiesenen Personen vorbehalten bleiben. Dennoch soll sie so angelegt werden, dass die Übernahme durch neu angelernte Laientechniker nicht unverhältnismäßig erschwert wird.

¹³ Ein nahezu unkontrollierbar aussetzender Master-Fader im einzigen pre-Fader geschalteten Aux-Weg des Musikpultes macht die Kontrolle des Monitorings zur Herausforderung.

¹⁴ Modulationstrennübertrager, z. B. zur Symmetrierung asymmetrischer Signale. Vgl. Henle 2001: 203-203, so auch Dickreiter 2011: 223.

¹⁵ Darunter sind ausdrücklich auch Rockkonzerte zu verstehen.

Neben dem Gemeindesaal bestehen auch an die übrigen Funktionsräume¹⁶ entsprechende Erwartungen. So soll es sowohl im Mehrzweckraum (MZR) als auch für Kinderveranstaltungen im Plenum des „Regenbogenlandes“ (RBL) jeweils eine Beschallungsanlage mit Verbindung zum Saal geben. Auch die im Nebengebäude befindlichen „Dufff“¹⁷-Jugendräume sollen unter anderem tontechnisch an den Saal angeschlossen sein. Im Foyer, den Toiletten und der Garderobe des Hauptgebäudes ist zudem Hintergrundmusik erwünscht.

2.5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Der überwiegende Teil der Gemeindeveranstaltungen hat öffentlichen Charakter. Dementsprechend sind bei der Bauplanung neben den allgemein gültigen Gesetzen und Verordnungen auch die Vorschriften für öffentliche Gebäude bzw. Kirchen zu beachten. Das betrifft zum Beispiel Sicherheitsvorkehrungen wie Flucht- und Brandkonzept. Für die Planungen hat die EFG Schneeberg ein Architekturbüro beauftragt. In enger Zusammenarbeit mit der Bauherrin hat der betreuende Architekt die rechtlichen Belange vor dem Hintergrund des Nutzungskonzeptes entsprechend in die Planungen einfließen lassen. Für die Elektrofachplanung hat die EFG Schneeberg ebenfalls ein Planungsbüro beauftragt, mit dem ich im Rahmen der Ton-, Video- und Lichtkonzeption eng zusammenarbeite. Der Elektrofachplaner berücksichtigt auch die Materialwahl im Sinne des Brandschutzkonzeptes sowie die Statik aller an der Decke zu befestigenden technischen Einrichtungen.

In der Veranstaltungstechnik leiten sich viele Bestimmungen aus der Versammlungsstättenverordnung des jeweiligen Bundeslandes ab. So habe ich beispielsweise darauf hingewiesen, dass ab einer Szenenfläche von mehr als 50 m² eine „Fachkraft für Veranstaltungstechnik mit abgeschlossener Berufsausbildung (...) und mindestens drei Jahren Berufserfahrung“¹⁸ erforderlich wäre. Allerdings „[gelten d]ie Vorschriften [jener] Verordnung (...) nicht für (...) Räume, die dem Gottesdienst gewidmet sind“¹⁹. Als

¹⁶ Gemäß des Themas dieser Bachelorarbeit ist die tontechnische Konzeption der Räume außerhalb des Gemeindesaales nur ein von mir zusätzlich betreutes Projekt. Es ist nur insofern Teil dieser Arbeit, als die Signalübertragung von der Saalregie aus zu steuern ist.

¹⁷ Dufff bzw. DUFFF ist der Name der Jugendarbeit der EFG Schneeberg (engl. „Devoted, Unified, Faithful, Friends of the Father“). Vgl. Dufff youth ministry, Dufff youth ministry, 23.07.2013.

¹⁸ § 40 Abs. 4 SächsVStättVO i. d. F. v. 02.03.2012.

¹⁹ § 1 Abs. 3 Satz 1 SächsVStättVO i. d. F. v. 02.03.2012. Auch in diesem Zusammenhang ist erkennbar, dass sich die Verordnung historisch in erster Linie aufgrund des Gefahrenpotentials in Theatern und Schauspielbetrieben entwickelt hat.

Körperschaft des öffentlichen Rechts kann die EFG Schneeberg Gegenstände widmen, d. h. festlegen, dass diese einem bestimmten öffentlichen Zweck dienen sollen. Vor diesem Hintergrund wurde per Mitgliederbeschluss am 7. Juli 2013 folgende Widmung vorgenommen:

„Die EFG Schneeberg K. d. ö. R. widmet (...) das Gebäude (...) ihren satzungsgemäßen Zwecken. Im Besonderen soll der neu zu bauende Gemeindesaal grundsätzlich zum Gottesdienst dienen. Für die EFG Schneeberg K. d. ö. R. ist alles Gottesdienst, was ihren satzungsgemäßen Zwecken dient und mit den Aussagen der Bibel übereinstimmt.“²⁰

Auf der Basis dieser Widmung ist die Sächsische Versammlungsstättenverordnung nicht länger bindend – wenigstens bei jeglichen satzungsgemäßen Veranstaltungen, denn die Körperschaft ist berechtigt, den Begriff „Gottesdienst“ für sich zu definieren. Das wurde in der Beratung vom 2. August 2013 von der Baugenehmigungsbehörde des Landratsamtes Erzgebirgskreis bestätigt. Nichtsdestotrotz wird die EFG Schneeberg aus eigenem Sicherheitsinteresse und Verantwortungsbewusstsein mit dem Bauvorhaben nicht erheblich von den üblichen Vorschriften abweichen.

2.6 Die Finanzen im Blick

Da diese Arbeit die Konzeption eines real auszuführenden Projektes beschreibt, ist es entscheidend, die theoretisch verfügbaren Mittel auf solche einzugrenzen, die in dem konkreten Vorhaben letztlich auch tatsächlich umgesetzt werden können. Dabei spielen die Finanzen zwar keine alles entscheidende, aber doch eine tragende Rolle. Im Sinne der Bauherrin sollte es keineswegs an der Qualität der technischen Einrichtung mangeln. Sind notwendige Maßnahmen nicht mit einem geringen Budget umzusetzen, besteht durchaus die Bereitschaft, mehr zu investieren. Dennoch ist gegenüber wünschenswerten, jedoch nicht unabdingbaren Aspekten im Sinne einer gesunden Finanzplanung eine gewisse bewusste Kompromissbereitschaft von Nöten.

²⁰ Georgi, Protokoll zur Gemeindestunde der EFG Schneeberg K. d. ö. R. am 07.07.2013, 18.07.2013.

3 Der Gemeindesaal – Architektur und Entwicklungsprozess

3.1 Grundlegende Dimensionen des Saales

Während des Umbaus des ehemaligen Supermarktes sind sowohl aus praktischen als auch aus statischen Gründen signifikante Änderungen erforderlich, die beinahe einem Neubau gleichkommen. So wird zum Beispiel die Gebäudehöhe verändert und das gesamte Dach neu konstruiert.



Abb. 3: Simulation der Außenansicht nach dem Umbau.²¹

Der Gemeindesaal wird dabei der größte Raum des gesamten Gebäudes. Nach der ersten Tektur des Grundrisses vom 10. Juni 2013²² ist er in NO-SW-Richtung rund 20 m lang und in NW-SO-Richtung etwa 18,5 m breit, also ohne die noch zu erläuternden Abweichungen und den Innenausbau nahezu, aber nicht vollständig quadratisch.

²¹ Stimpel, 130525 Ansicht Nord Fenster, 05.08.2013.

²² Siehe Anlage 1.

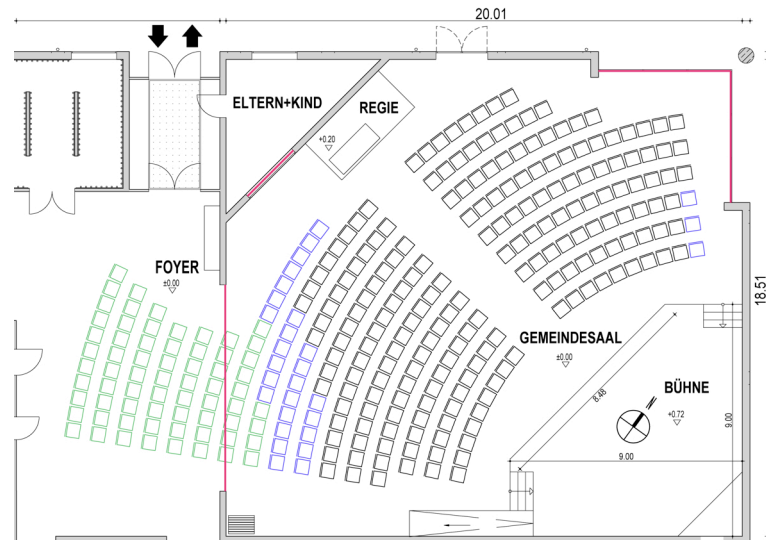


Abb. 4: Grundriss mit asymmetrischer Bestuhlung (schwarz und blau), Erweiterung (grün) sowie Glasflächen (rot).²³

Die Höhe bis zur Decke beträgt 5,5 m. Auf knapp 280 m² ebener Fläche lässt sich der Saal mit 229 Sitzplätzen bestücken.²⁴ Sowohl für die Akustik als auch die Sicht wäre eine mit der Entfernung ansteigende Publikumsfläche zwar günstiger,²⁵ eine Nutzung des Saales als Konferenzraum mit Tischen wäre dann jedoch nicht mehr möglich.

3.2 Hinweise zur Raumakustik

Da ich selbst Mitglied des „AK Bau“ genannten Bauausschusses der Gemeinde bin, konnte ich von Beginn der Planungsphase an Hinweise zur Akustik und tontechnisch relevanten Fragen geben. Außerdem hat die EFG Schneeberg einen Bauakustiker mit der Planung der Saalakustik beauftragt – ein sehr wichtiger Aspekt, der sonst bei vielen Gemeindebauprojekten leider außen vor bleibt.

Nach Kuttruff „[ist w]ohl das auffälligste akustische Merkmal eines Raumes (...) sein Nachhall“²⁶. Darunter versteht man nach der Definition von Sabine (1868 – 1919) die

²³ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

²⁴ Bei der Standard-Bestuhlung handelt es sich um zwei ungleichgroße Blöcke, die man als vom Kreismittelpunkt verkürzte Kreissegmente auffassen kann. Der Kreismittelpunkt liegt in der SO-Ecke.

²⁵ Vgl. Heckl, Müller 1994: 616.

²⁶ Heckl, Müller 1994: 609.

Zeit, in der die Schallenergie nach Beendigung der Schallerzeugung um 60 dB, also auf ein Millionstel des Ausgangswertes, abgesunken ist.²⁷

Die beiden wichtigsten Nutzungsprofile des Gemeindesaales – Sprache und Musik²⁸ – haben allerdings jeweils unterschiedliche Anforderungen an die Nachhallzeit. Für die Hörsamkeit von Sprache ist die Sprachverständlichkeit entscheidend. Neben ausreichender Lautstärke ist dafür vor allem viel Direktschall bei relativ geringer Nachhallzeit erforderlich;²⁹ vollständig fehlen darf er aber auch nicht. Es empfiehlt sich im Allgemeinen eine Nachhallzeit von rund einer Sekunde – wohlgernekt bezogen auf einen mittleren Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 1 kHz. Bei kleineren Räumen wie Unterrichtsräumen und kleinen Hörsälen sollte der Wert noch darunter, bei größeren wie Schauspielhäusern darüber liegen.³⁰ Für musikalische Darbietungen soll die Nachhallzeit eines Raumes allerdings im Allgemeinen höher als für Sprache liegen, um eine „gewisse zeitliche und räumliche Vermischung“³¹ der einzelnen Schallquellen zu bewirken. Die benötigte Nachhallzeit hängt aber auch von der Art der Musik sowie der subjektiven Empfindung des Hörers ab.³²

Im neuen Gemeindezentrum steht die Sprachverständlichkeit an erster Stelle. Die Hörsamkeit der Musik folgt danach. Schließlich aber stellt das gar keinen Gegensatz dar, denn Nachhall kann auch elektronisch erzeugt und somit gezielt ausschließlich den Musikdarbietungen zugemischt werden. Andersherum ist das kaum möglich. Laut Aussage des beauftragten Bauakustikers wird er daher – auf unseren ausdrücklichen Hinweis entgegen der wesentlich längeren Nachhallzeiten sakraler Kirchenbauten – eine recht geringe Nachhallzeit von maximal einer Sekunde für den Gemeindesaal anstreben. Um dies zu erreichen, werden bestimmte Raumflächen schallabsorbierend ausgeführt. Die Größe der benötigten Absorberfläche ist nach der so genannten Sabine'schen Formel sowohl vom Raumvolumen als auch dem absorbierenden Material abhängig. Das können beispielsweise poröse Deckenelemente, Vorhänge oder Stühle mit Polsterung sein. In deren Poren werden die sich bewegenden Luftpartikel gebremst. Das heißt, die Schallenergie wird durch Reibung in Wärme umgewandelt.³³ Auch der nach aktuellem Stand textile Fußboden kann ein wenig

²⁷ Vgl. Veit 1988: 66, so auch Henle 2001: 44.

²⁸ Meist wird „moderne“ Musik gespielt; traditionelle Kirchenmusik hingegen sehr selten.

²⁹ Räume mit einer geringen Nachhallzeit werden auch als „akustisch trocken“ bezeichnet.

³⁰ Vgl. Heckl, Müller 1994: 616f, so auch Dickreiter 1997: 34.

³¹ Heckl, Müller 1994: 617.

³² Vgl. Dickreiter 1997: 34.

³³ Vgl. Veit 1998: 24.

beitragen, den Nachhall in einem bestimmten Frequenzbereich³⁴ zu verringern. Die über den gesamten Frequenzgang ausgewogene Planung übernimmt der Raumakustiker.

3.3 Saalerweiterung und große Verglasungen

In der Südwestwand des Saales befindet sich eine etwa 8 m breite und 3 m hohe Mobiltrennwand aus Glas. Bei geöffneter Trennwand, hinter der sich das Foyer befindet, kann die Besucherzahl somit bis auf rund 300 Besucher erweitert werden. Dieser Teil des Foyers ist daher als optional zuschaltbare Beschallungszone aufzufassen. In der Nordecke rückt außerdem eine an beiden Außenwänden je mehr als 5 m breite und etwa 3,5 m hohe Eckverglasung um 75 cm in den Raum hinein. Auf die akustischen Schwierigkeiten großflächiger Verglasungen sowie die geringe Schalldämmung der Glasmobiltrennwand hatte ich hingewiesen. Das optische Empfinden wog an dieser Stelle jedoch mehr.

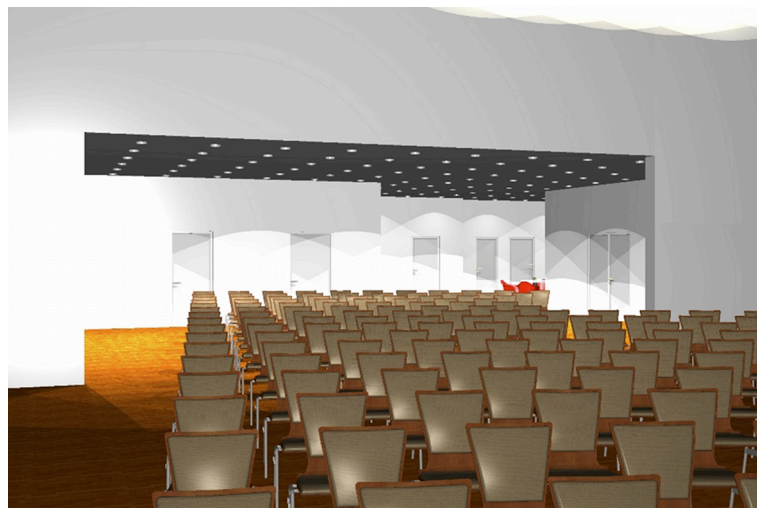


Abb. 5: Simulation des vergrößerten Saales bei geöffneter Mobiltrennwand.³⁵

³⁴ Meist sind es die Höhen, die mit einfachen Mitteln wie Textilien gedämpft werden. Für tiefere Frequenzen ist meist mehr Aufwand erforderlich. Im mittleren Frequenzbereich eignen sich so genannte Helmholtz-Resonatoren oder Lochplatten, für die tiefen Plattenschwinger. Vgl. Dickreiter 1997: 18-23.

³⁵ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Innenansicht ins Foyer bestuhlt links hellere Beleuchtung, 06.08.2013.

3.4 Ungewöhnlich – die Eckbühne

Eine Besonderheit des Gemeindesaales ist die Position und Form der Bühne. Sie ist als fünfseitige Eckbühne in der Ostecke ausgeführt und wird rückseitig als sechste Seite von einem dreiteilig hintereinander stehenden Vorhang mit im oberen Teil davor befestigter Projektionsleinwand begrenzt. Der Vorhang soll zur Schallabsorption aus sehr schwerem Stoff wie beispielsweise Molton ausgeführt werden. Die Bühnenvorderkante ist mit knapp 8,5 m die längste Seite der Bühne. Die Höhe beträgt 72 cm³⁶, um eine gute Sicht ohne erhebliche Sturzgefahr³⁷ zu gewährleisten. Die nutzbare Bühnenfläche beträgt fast 60 m².

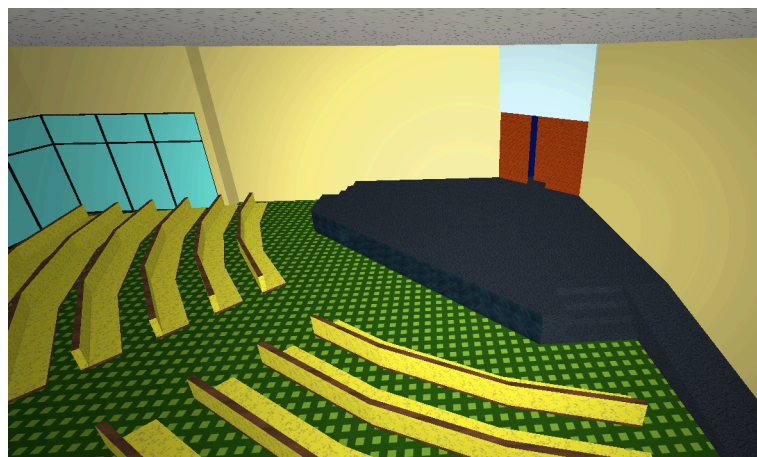


Abb. 6: Fünfseitige Eckbühne mit geteiltem Vorhang und Aufgängen in der Raumakustik-Simulationssoftware CARA.

Weiterhin besonders ist das unter dem Bühnenboden befindliche Taufbecken, welches bis unter das Saalniveau reicht. Sowohl das Becken selbst als auch die Abdeckung werden massiv ausgeführt, um Trittschall und Resonanz im Becken zu vermeiden. An der rechten³⁸ Bühnenseite ist eine 6 m lange Rampe angebracht. Diese entspricht zwar

³⁶ Die beiden Treppen haben vier Steigungen zu je 18 cm, einem üblichen Maß für angenehmes Steigen.

³⁷ Ab einem Meter Höhe ist eine Absturzsicherung (z. B. Geländer) notwendig. In manchen Fällen kann eine ausdrückliche Einweisung Abhilfe schaffen. Da die Bühne jedoch prinzipiell für jeden zugänglich sein soll, ist dies hier nicht sinnvoll realisierbar.

³⁸ Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich die Richtungsangaben in dieser Arbeit immer auf die Sicht vom Publikum bzw. der Tonregie aus.

nicht der Norm für Rollstuhlrampen³⁹, kann aber sowohl mit Hilfe eines Dritten für die Rollstuhlauffahrt als auch für die Beförderung von Veranstaltungstechnik auf die Bühne benutzt werden.

Ein Vorteil der Eckbühne ist beispielsweise dieser, dass durch die in die Raumdiagonale versetzte Hauptrichtung der Beschallung kaum stehende Wellen zum Problem werden können, die sich zwischen parallelen Wänden aufbauen. Das bestätigte mir der Raumakustiker. Zwar war der rechte Winkel der beiden Außenwände sowie jener der tragenden Wand hinter der Bühne von Anfang an gegeben und die vierte Wand sollte aus optischen Gründen auf Vorschlag des Architekten ebenfalls parallel zur gegenüber liegenden Außenwand sein. Jedoch stehen alle vier Wände diagonal zur Bühnenvorderkante.

Ursprünglich wurde vom Architekten eine Viertelkreisbühne⁴⁰ mit Stufen über die gesamte gebogene Vorderkante vorgeschlagen. Daraufhin wies ich bereits auf eine mögliche Positionierung der Subwoofer in der Bühnenfront hin. Dem AK Bau war es auch wichtig, diese optisch zu verstecken, woraufhin die Stufen um einen Vorbau unterbrochen wurden. Auf der Grundlage meiner Zusammenfassung der Vor- und Nachteile beider Bühnenformen,⁴¹ entschied sich der AK Bau schließlich für die fünfseitige Bühne.

3.5 Der Eltern-Kind-Raum

Eine fünfte Wand befindet sich aber doch parallel gegenüber, denn in der Westecke wird vom Saal ein 18 m² großer Eltern-Kind-Raum (EKR) abgetrennt, in den eine Mithör-Übertragung realisiert werden soll. Für die Akustik des Saales ist diese eingezogene Rückwand geometrisch die kritischste. Sie reicht bis hoch an die Saaldecke und wird trotz meiner Anregungen vertikal senkrecht stehen. Dafür bekommt sie eine schallabsorbierende Holzverkleidung. Das Fenster zum Eltern-Kind-Raum wird auf meinen Hinweis hin nach unten hin abgewinkelt, damit die schallharten Glasflächen einfallenden Schall nicht in Richtung Zuschauer und Regie reflektieren.

³⁹ Dazu müsste die Rampe etwa doppelt so lang sein und außerdem Ruhezonen aufweisen. Ein sportlicher Rollstuhlfahrer kann die kurze Strecke mit einem Gefälle von 15 % jedoch auch ohne Hilfe überwinden, wenngleich die Rampe für die Hilfe eines unterstützenden Dritten gedacht ist.

⁴⁰ Die Position in der Ecke wurde per Mitgliederbeschluss der Längsbühne in Halbkreisform vorgezogen.

⁴¹ Siehe Anlage 2.

3.6 Die Saalregie

Vor der Rückwand befindet sich, um 20 cm erhöht, die derzeit mit 8 m² bemessene Ton-, Licht- und Bildregie. Dort sollen drei Personen Platz finden, wobei die mittig platzierte Lichtregie bei kleineren Veranstaltungen auch von einem Bild- oder Tontechniker mit bedient werden können soll. Letzterer sitzt rechts außen und somit exakt auf der Mittelachse zur Bühne, da das Regiepodest als solches nach links verschoben ist. Für die Möblierung und den detaillierten Ausbau gibt es bisher seitens der Bauherrin keine Vorgaben, da dies in der Phase der Ausführungsplanung erfolgt. Der Vorschlag des Elektrofachplaners sowie auch von mir ist eine umlaufende Verkleidung mit Zugang in Richtung Mittelgang. Diese kann für die Befestigung von 19-Zoll-Rackgeräten genutzt werden und auch weitere technische Einrichtungen, die nicht für den Rackeinbau konzipiert sind, aufnehmen. Zudem wird der Regieplatz durch die Verkleidung optisch ansprechender.⁴²

3.7 Bühnennebenraum

Baulich nicht zum Saal gehörend, aber direkt daran anschließend ist der „Nebenraum Bühne“. Er ist auf gleichem Niveau wie die Bühne, nämlich um 72 cm gegenüber dem Saal erhöht, und soll als Technik- und temporäres Instrumentenlager dienen. Das exakte Nutzungskonzept ist noch offen. Sein Zugang befindet sich direkt hinter dem geteilten Vorhang, der als Bühnenrückwand dient. Ein zweiter Ausgang macht den Bühnenraum über vier anschließende Stufen auch zum Durchgangsraum, womit ein direkter Zugang von hinten auf die Saalbühne möglich ist – beispielsweise für Theaterstücke. Ich empfehle, den hinteren Bereich als abschließbares Techniklager vom Durchgangsbereich nochmals abzutrennen.

⁴² Natürlich ist diese Feststellung subjektiv. Zumindest in Europa wird sichtbare Technik oft als optischer Makel empfunden. In Nordamerika scheint die Mentalität dem jedoch entgegenzustehen (Beispiel: Lautsprecherbox für den amerikanischen Markt mit großem, kontrastreichem Logo, dagegen für Europa mit kleinem, dezentem Logo, sodass die Box an sich weniger auffällt).

4 Vorüberlegungen zum Beschallungssystem

4.1 Lautsprechersysteme

4.1.1 Merkmale dynamischer Lautsprecher

Lautsprecher wandeln elektrische Energie in Schallenergie um. In Beschallungsanlagen kommen vorwiegend dynamische Lautsprecher zum Einsatz.⁴³ Die Lautsprechermembran ist fest mit einer Schwingspule verbunden, die im Magnetfeld eines Topfmagneten erregt wird und sich in dessen Luftspalt bewegt.⁴⁴ Üblicherweise werden Lautsprecher mit Permanentmagnet zur Beschallung verwendet. Diese permanentdynamischen Systeme eignen sich aufgrund ihrer hohen Güte insbesondere für die Wiedergabe tiefer Frequenzen.⁴⁵

Ein Lautsprecher allein ist zu wenig nütze, denn er regt bei Auslenkung sowohl die Luftmoleküle vor seiner Membran als auch dahinter an – und zwar phasengedreht. Ein so genannter akustischer Kurzschluss ist die Folge.⁴⁶ Dabei löschen sich der vorder- und rückseitig abgestrahlte Schall gegenseitig aus.⁴⁷ Um das zu vermeiden, werden Lautsprecher in ein Chassis, also ein Gehäuse⁴⁸ eingebaut. Es entsteht eine Lautsprecherbox. Einfache Gehäuse absorbieren den rückwärtigen Schall, speziellere nutzen ihn,⁴⁹ indem sie ihn beispielsweise durch akustische Laufzeitglieder in die entsprechende Phase bringen.

In der Beschallungstechnik spielen die Lautsprecher bzw. die Lautsprechersysteme eine zentrale Rolle. Im Hinblick auf die gesamte PA-Anlage sind sie das schwächste Glied der Kette – sowohl im Sinne der Klangbeeinflussung⁵⁰ als auch aufgrund des

⁴³ Vgl. Henle 2001: 379, so auch Pieper 2011: 251.

⁴⁴ Vgl. Schmidt 1996: 223.

⁴⁵ Vgl. Schmidt 1996: 223.

⁴⁶ Vgl. Schmidt 1996: 210, so auch Dickreiter 1997: 209.

⁴⁷ Bei in der Beschallungstechnik üblichen Lautsprechern mit konusförmiger Membran werden hohe Frequenzen aufgrund ihrer kleinen Wellenlängen im Verhältnis zu den Lautsprecherabmessungen gerichtet abgestrahlt. Der Konus wirkt also als Schallführung für hohe Frequenzen. Somit werden die Tiefen nahezu vollständig ausgelöscht, während die Höhen noch abgestrahlt werden. Der Lautsprecher klingt daher „dünn“ und nicht stumm. Vgl. Dickreiter 1997: 209.

⁴⁸ Im einfachsten Falle kann das auch eine Wand oder eine Decke sein.

⁴⁹ Damit kann der Wirkungsgrad verbessert werden.

⁵⁰ Vgl. Pieper 2011: 252.

äußerst geringen Wirkungsgrades. Üblich sind Werte bis gerade einmal 2 Prozent!⁵¹ Selbst einige fortschrittliche Systeme mit einem Wirkungsgrad von bis zu 20 oder gar 25 Prozent wandeln noch immer den größten Teil der zugeführten Energie in nutzlose Wärme um.

Außerdem kann ein einzelner Lautsprecher den gesamten hörbaren Frequenzbereich in der Regel nicht zufriedenstellend abdecken. Das liegt im Wesentlichen an den unterschiedlichen benötigten Membranabmessungen sowie dem nicht-linearen Frequenzgang des menschlichen Ohres. Man unterscheidet deshalb zwischen Hoch- (ca. 3 – 22 kHz), Mittel- (ca. 300 Hz – 5 kHz) und Tieftonlautsprechern (ca. 20 bis 600 Hz).⁵² Letztere benötigen beispielsweise aufgrund der größeren Wellenlängen tieferer Frequenzen eine größere Membran und müssen mehr Schalldruckpegel erzeugen als ein als gleich laut empfundener Mitteltöner.⁵³

Für Beschallungssituationen mittlerer Größe werden üblicherweise so genannte Fullrangeboxen verwendet. Hoch- und Basslautsprecher sind hier mit einer entsprechenden Frequenzweiche⁵⁴ in einer gemeinsamen Lautsprecherbox untergebracht. Deren Basslautsprecher sollte dabei jedoch zweckmäßigerweise durch einen vorgeschalteten Hochpass⁵⁵ begrenzt werden, um ihn nicht zu überlasten. Bei den Fullrangeboxen handelt es sich in aller Regel um so genannte Topteile, deren Name darauf zurückgeht, dass sie meist zu oberst positioniert werden. Ergänzt werden diese von separaten Subwoofern, welche die Wiedergabe der tieferen Bassanteile übernehmen.

4.1.2 Laufzeitunterschiede

Ziel einer Beschallungsanlage ist es, alle Hörer mit ausreichend Direktschall zu versorgen, weil dieser für die Wiedergabe von Sprache und Musik entscheidend ist.⁵⁶ Dabei ist zu beachten, dass sich Schall mit einem Richtwert⁵⁷ von $c = 340 \text{ m/s}$ für die

⁵¹ Vgl. Eberhard Sengpiel, Lautsprecher-Wirkungsgrad im Vergleich zum Kennschalldruckpegel, 23.07.2013, so auch Schmidt 1996: 454.

⁵² Vgl. Völz 1996: 82.

⁵³ Das bedeutet zum Beispiel, dass für Bandmusik mit tiefen Frequenzanteilen unter anderem größere Lautsprecher bzw. Membranflächen benötigt werden.

⁵⁴ Üblich sind Trennfrequenzen zwischen 1 und 2 kHz.

⁵⁵ Üblich sind 100 bis 130 Hz.

⁵⁶ Vgl. Dickreiter 1997: 28.

⁵⁷ Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt bei Normaldruck und 20 °C etwa 344 m/s, bei 10 °C etwa 338 m/s. Vgl. Dickreiter 1997: 3.

Schallgeschwindigkeit in Luft⁵⁸ – beispielsweise im Vergleich zu Licht – verhältnismäßig langsam ausbreitet. Die Zeit t , die eine Schallwelle für eine bestimmte Wegstrecke s benötigt, wird als Laufzeit bezeichnet.⁵⁹

Reflexionen, die innerhalb von 50 ms für Sprache bzw. 80 ms für Musik nach dem Direktschall beim Hörer eintreffen, erhöhen die Klarheit nochmals.⁶⁰ Aber Reflexionen, die später eintreffen, sind für die Silbenverständlichkeit kontraproduktiv.⁶¹ Einzelreflexionen, die später als 50 ms nach dem Direktschall eintreffen, werden bereits als störendes Echo empfunden.⁶² Mit der Formel für die Schallgeschwindigkeit

$$c = \frac{s}{t} \quad (4.1.2-1)$$

ergibt sich für eine Verzögerungszeit von 50 ms eine Wegstrecke $s = c \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 0,05 \text{ s} = 17 \text{ m}$. Das bedeutet, zwei Lautsprecherboxen, die sich in Bezug auf den Hörer mehr als 17 m voneinander entfernt befinden, bewirken ein störendes Echo. Aber auch geringere Lautsprecherabstände können bereits zu Schwierigkeiten führen, denn Gleiches gilt ebenso für Reflexionen, die naturgemäß einen weiteren Weg zurücklegen als der Direktschall.

Ein allgemeines Problem tritt auch schon bei wenig voneinander entfernten Lautsprechern auf, die den gleichen Bereich beschallen: Die Schallwellen treffen mit ungleicher Phasenlage aufeinander. Dadurch kommt es zu unerwünschten Interferenzen. Sowohl bei großen als auch kleinen Entfernungsunterschieden der Lautsprecherboxen muss das Signal jener Box, die sich näher am Hörer befindet, entsprechend verzögert werden – und zwar so, dass beide Signale genau zeitlich beim Hörer eintreffen. Die Verzögerung bezeichnet man als Delay.

Im einfachsten Fall befinden sich beide Lautsprecher LS_1 und LS_2 sowie der Hörer H hintereinander auf einer Geraden. Für die Wegstrecke LS_1 zum Hörer gilt in diesem speziellen Fall: $\overline{LS_1H} = \overline{LS_1LS_2} + \overline{LS_2H}$.

Näherungsweise trifft das zum Beispiel auf zwei aufeinander stehende Lautsprecherboxen unterschiedlichen Typs zu, bei denen sich die Lautsprechermembranen von LS_1

⁵⁸ Vgl. Pieper 2011: 21.

⁵⁹ Vgl. Dickreiter 1997: 5.

⁶⁰ Vgl. Dickreiter 1997: 27.

⁶¹ Vgl. Dickreiter 1997: 29.

⁶² Vgl. Dickreiter 1997: 28.

weiter innen im Gehäuse befinden als bei LS_2 .⁶³ Das Signal von LS_2 muss also um die Zeit verzögert werden, die der Schall für die Wegstrecke von LS_1 bis LS_2 (bzw. in die gleiche Ebene) benötigt. Bei richtiger Konfiguration bewegen sich beide Signale ab LS_2 gleichphasig und sogar zu einer beliebigen Anzahl Hörer.

Im Allgemeinen befinden sich alle Lautsprecher und Hörer aber nicht in einer Linie. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn die Hörfläche von beiden Seiten beschallt wird. Für die Verzögerungszeit von LS_2 gilt:

$$t_{Delay,LS_2} = t_{\overline{LS_1H}} - t_{\overline{LS_2H}} \quad (4.1.2-2),$$

wobei sich die Zeiten für die einzelnen Wegstrecken jeweils aus der oben genannten Formel 4.1.2-1 für die Schallgeschwindigkeit ableiten:

$$t = \frac{s}{c} \quad (4.1.2-3).$$

Für einen einzelnen Hörer funktioniert das auf einer festgelegten Hörposition; ohne Delay ebenso für alle Hörer, die sich genau im gleichen Abstand zu allen Lautsprechern befinden.⁶⁴ Im alten wie im neuen Gemeindesaal der EFG Schneeberg wäre das bei nur zwei symmetrisch positionierten Boxen links und rechts der Bühne der nicht bestuhlte Mittelgang.

Problematisch wird es dann, wenn sich mehrere Hörer in jeweils unterschiedlichem Abstand zu den Lautsprechern befinden. Das ist in der Beschallungstechnik quasi immer der Fall. Beispielsweise ist Hörer H_1 näher an LS_1 und hört dessen Schall eher als Hörer H_2 , der sich wiederum näher an LS_2 befindet. Es ist daher nur möglich, eine Delay-Zeit für eine mittlere Hörerposition zu berechnen. Das ist freilich ein Kompromiss, besonders im Hinblick auf die Extrempositionen. Erreicht einen Hörer Schall von mehr als einem Lautsprecher, lässt sich diese Problematik jedoch nicht vermeiden.

⁶³ Bei coaxialen Lautsprechersystemen liegen beide Lautsprecher tatsächlich mit dem jeweiligen Membranmittelpunkt auf einer Geraden, weil sie hintereinander montiert sind.

⁶⁴ Das ist beispielsweise gängige Praxis in der Regie eines Tonstudios, wo mehrere Personen zum Abhören auf einer Linie hintereinander sitzen bzw. stehen.

4.1.3 Line-Array oder klassisches Hornsystem?

In der Theorie ist eine einfache Lautsprecherbox ohne Schallführung ein Kugelstrahler, d. h. sie strahlt Schall in alle Richtungen gleichmäßig ab. In einem beliebigen Abstand bzw. Radius R zur Schallquelle verteilt sich die Schallenergie auf eine Fläche der Größe A . Bei doppeltem Radius ist die versorgte Fläche jedoch vier mal so groß, d. h. eine Fläche der Größe A im Abstand $2R$ bekommt wegen der vergrößerten Kugeloberfläche nur noch ein Viertel der Schallenergie wie im Abstand R .⁶⁵ Das bedeutet eine Abnahme des Schalldruckpegels um 6 dB pro Entfernungsverdopplung. Bei zehnfacher Entfernung sind es 20 dB.⁶⁶

Tatsächlich strahlt eine Lautsprecherbox in verschiedene Richtungen unterschiedlich stark ab. Mit Schalltrichtern, so genannten Hörnern, lässt sich ein gerichtetes Abstrahlverhalten mit einem gewünschten geringeren Öffnungswinkel erzielen. Die reale Pegelabnahme pro Entfernungsverdopplung in Abstrahlrichtung ist daher geringer als beim Kugelstrahler und hängt vom Bündelungsgrad ab. Michael Dickreiter spricht als Richtwert von nur etwa 4 dB Abnahme.⁶⁷ Im Abstand von 1 m zum Lautsprecher hat der Schalldruckpegel einen bestimmten Wert L_p . Ein Hörer in 2 m Entfernung bekommt demnach schon 4 dB weniger. Ein zweiter Hörer mit vierfachem Abstand, also 4 m entfernt, hört den Lautsprecher 8 dB leiser. Beim Kugelstrahler mit 6 dB Abnahme pro Entfernungsverdopplung käme man dort bereits auf 12 dB Absenkung. Bei gerichteter Abstrahlung ist der Schalldruckpegel erst in 8 m Entfernung um 12 dB gesunken und in 16 m um 16 dB etc. Mit einem Kugelstrahler beträgt die Absenkung dort bereits 24 dB.

Durch die Bündelung der Schallenergie auf einen bestimmten Bereich, kann somit bei gleichem Pegelabfall eine weitere Strecke überwunden werden. Für die Beschallung ist ein geringer Pegelverlust auch deshalb bedeutsam, weil einer der Grundgedanken darin zu sehen ist, den gesamten Hörbereich mit möglichst gleichmäßigem Pegel zu erreichen. Eine Pegeländerung von 3 dB ist nämlich bereits hörbar. Das entspricht der Verdopplung der Anzahl von Lautsprechern gleicher Leistung.⁶⁸ 6 dB Steigerung werden schon als „etwas lauter“⁶⁹ wahrgenommen. Und bei einer Erhöhung des

⁶⁵ Vgl. Holtmeyer, Line Arrays – The Hype Goes On, 28.06.2013: 3.

⁶⁶ Vgl. Schmidt 1996: 11.

⁶⁷ Vgl. Dickreiter 1997: 236.

⁶⁸ Vgl. Dickreiter 1997: 236.

⁶⁹ Pieper 2011: 23.

Schalldruckpegels um 10 dB, also mit immerhin 10-facher Leistung, empfindet man die Schallquelle als doppelt so laut.⁷⁰

Ein Line-Array verhält sich im Nahfeld als Linienstrahler. Der Pegel dessen Zylinderwellen nimmt pro Entfernungsverdopplung gar nur um 3 dB ab,⁷¹ womit eine gleichmäßigere Pegelversorgung der Hörfläche erfolgen kann. Im Fernfeld gleicht sich das Line-Array jedoch wieder einem Kugelstrahler mit 6 dB Pegelabnahme pro Entfernungsverdopplung an.⁷² Ein Line-Array ist daher nur im Nahfeld eine Verbesserung. Wie groß der Abstand d_{Nah} des Übergangs vom Nah- zum Fernfeld von der Schallquelle ist, hängt von deren Länge L_{Array} und der wiederzugebenden Frequenz f ab.⁷³

$$d_{\text{Nah}} = \frac{(L_{\text{Array}})^2 f}{2c} \quad (4.1.3-1).$$

Für die erforderliche Größe L_{Array} der Quelle gilt folglich:

$$L_{\text{Array}} = \sqrt{\frac{2c * d_{\text{Nah}}}{f}} \quad (4.1.3-2).$$

Für die Beschallungssituation im neuen Gemeindesaal der EFG Schneeberg spielt Sprache eine entscheidende Rolle. Sie soll hier als Basis dienen. Bei männlicher Sprache sind Frequenzen unter 80 Hz in der Regel so leise, dass sie nicht mehr gehört werden können; bei weiblicher bereits unter 100 Hz.⁷⁴ Der wesentliche Frequenzbereich für Sprache bewegt sich zwischen 100 Hz bei Männern bzw. 200 Hz bei Frauen und 10 kHz.⁷⁵ Für die folgende Berechnung wähle ich das erste Maximum männlicher Sprache mit der Frequenz $f = 150 \text{ Hz}$ ⁷⁶ und einen Abstand $d_{\text{Nah}} = 12 \text{ m}$, innerhalb dessen sich die Schallquelle als Linienstrahler verhält. Das entspricht in etwa der Entfernung von der Bühnenvorderkante bis zur letzten Stuhlreihe. Die Regie ist dabei noch außen vor. Mit obiger Formel 4.1.3-2 und der Schallgeschwindigkeit $c = 340 \text{ m/s}$ folgt eine erforderliche Höhe

⁷⁰ Vgl. Pieper 2011: 23.

⁷¹ Vgl. Schmidt 1996: 11.

⁷² Vgl. Holtmeyer, Line Arrays – The Hype Goes On, 28.06.2013: 4.

⁷³ Vgl. Holtmeyer, Line Arrays – The Hype Goes On, 28.06.2013: 4.

⁷⁴ Vgl. Dickreiter 1997: 63.

⁷⁵ Vgl. Dickreiter 1997: 64.

⁷⁶ Vgl. Dickreiter 1997: 64.

$$L_{Array} = \sqrt{\frac{2 * 340 \frac{m}{s} * 12 m}{150 \frac{1}{s}}} \approx 7,38 m$$

des Line-Arrays. Für das erste Maximum weiblicher Sprache bei $f = 250 \text{ Hz}$ ⁷⁷ ist noch immer eine Höhe von

$$L_{Array} = \sqrt{\frac{2 * 340 \frac{m}{s} * 12 m}{250 \frac{1}{s}}} \approx 5,71 m$$

notwendig. Solch ein langes Lautsprecher-Array ist in dem Saal mit einer Deckenhöhe von 5,5 m gar nicht realisierbar. Verkleinerten wir das gewünschte Nahfeld auf einen maximalen Abstand $d_{Nah} = 8 \text{ m}$ vom Line-Array und nähmen in Kauf, dass alle Frequenzen unter $f = 500 \text{ Hz}$ mit zunehmender Entfernung stärker abfielen als jene darüber, wäre eine Höhe

$$L_{Array} = \sqrt{\frac{2 * 340 \frac{m}{s} * 8 m}{500 \frac{1}{s}}} \approx 3,30 m$$

für das Array ausreichend. Dieses wäre gerade noch klein genug für den Saal. Allerdings gibt es keine sinnvolle Position, an der dieses installiert werden könnte:

Die Bühnenvorderkante scheidet aus, da an jeglicher Position die Sicht, auch auf die Leinwand, massiv beeinträchtigt würde. Die Bereiche, an denen die vorderen abgewinkelten Bühnenkanten links und rechts jeweils an die Wand stoßen, kommen ebenfalls nicht in Frage, weil sich diese jeweils mehr als zwei Meter hinter der imaginär verlängerten Bühnenkante befinden. Da Line-Arrays meist eine breite horizontale Abstrahlcharakteristik haben, würden sie von dort zwangsläufig auf die Bühne und somit in die Mikrofone einstreuen, was z. B. eine hohe Feedbackgefahr darstellte. Selbst nominal enger horizontal abstrahlende Systeme wären da kaum eine Hilfe, da die Ausprägung der meist für höhere Frequenzen angegebenen Richtcharakteristik mit abnehmender Frequenz ebenfalls sinkt.⁷⁸ Außerdem hätte die Lautsprecherposition an den Wänden in jedem Fall ein äußerst irritierendes Richtungswahrnehmen zur Folge. Denn während das Publikum nach innen zu den Akteuren auf der Bühne schaute, würde es diese von weit außen, also aus entgegengesetzter Richtung, hören. Aber

⁷⁷ Vgl. Dickreiter 1997: 64.

⁷⁸ Vgl. Schmidt 1996: 307.

dazu später mehr.⁷⁹ Bei einer weiter von der Bühne entfernten Lautsprecher-Position, wäre das nur noch drastischer. Dieses Problem ist unabhängig vom Lautsprechertyp und träfe freilich genauso auf Hornsysteme zu, die ausschließlich links und rechts außen installiert würden.

Der Grund, der ein Line Array für den Gemeindesaal ungeeignet macht, sind also die benötigten Abmessungen. Kleinere Systeme, die sich nur bei höheren Frequenzen als Linienstrahler verhalten, wären prinzipiell möglich, aber mit zunehmender Entfernung umso höhenlastiger. Ich empfehle daher die Verwendung von konventionellen Hornsystemen mit vertikalen Abmessungen unter einem Meter, sodass sie nicht an den Seiten installiert werden müssen. Zu guter Letzt sind Hornsysteme auch aus finanzieller Sicht in der Regel die günstigere Wahl.

4.1.4 Gleichmäßige Schallverteilung mit Hornsystemen

Ausgehend von einer möglichst gleichmäßigen Pegelverteilung im gesamten Publikumsbereich – ich erinnere an den Pegelabfall von 4 dB_{SPL} pro Entfernungsverdopplung⁸⁰ – drängen sich freilich Lösungen mit jeder Menge Lautsprechern an so vielen Positionen wie nur irgend möglich auf, damit sich jeder Hörer möglichst nah an einem der Lautsprecher befindet. Optimal wäre, wenn jeder Besucher sein „eigenes“ Lautsprechersystem hätte. Dabei treten aber folgende Probleme in den Vordergrund:

- unverhältnismäßig große Menge an Lautsprechern und Zuleitungen
- komplizierte Signalansteuerung (unterschiedliche Delayzeit⁸¹ für jeden Lautsprecher oder in Gruppen)
- schwierige Positionierung (Lautsprecher stört Sicht) oder aber falsches Richtungs-hören
- destruktive Interferenzen durch gegenseitige Beeinflussung der Lautsprecher untereinander

Gerade der letzte Punkt tritt auch schon bei einer verringerten Anzahl an Lautsprechern bzw. -gruppen hervor. Ein Ziel des Beschallungskonzeptes sollte daher sein, den Publikumsbereich mit so wenigen Lautsprecherboxen wie möglich abzudecken. An dieser Stelle geht „Klang vor Pegel“. Ein Besucher erwartet, dass es in der Nähe einer

⁷⁹ Vgl. Kap. 4.1.4.

⁸⁰ Vgl. Kap. 4.1.3.

⁸¹ Vgl. Kap. 4.1.2.

Lautsprecherbox lauter ist. Mit seiner Platzwahl kann er nach Belieben darauf reagieren. Andersherum soll die Wiedergabequalität aber nicht unter ungleichmäßig im Raum verteilten Frequenzanhebungen und -auslöschungen leiden.

Da der Saal, von der Bühne gesehen, verhältnismäßig breit ist, müssen mehrere Topteile bzw. Gruppen im Raum verteilt werden. Das kommt auch der Gleichmäßigkeit des Schalldruckpegels zugute. Voraussetzung ist, dass sich die einzelnen Systeme untereinander möglichst wenig beeinflussen. Ein Cluster aus mehreren Topteilen, die von einer etwa gemeinsamen Position jeweils um ihren nominellen Abstrahlwinkel versetzt angeordnet sind, haben gemeinsam einen größeren Öffnungswinkel.⁸² Ein Cluster aus zwei Topteilen strahlt demzufolge also doppelt so breit ab wie ein einzelnes. Dabei ist allerdings zu bemerken, dass der Abstrahlwinkel eine Idealvorstellung ist. Tatsächlich überlappen sich die Abstrahlungsbereiche der Topteile im Randbereich, was zu Interferenzen und somit zu Pegel- und Klangveränderungen führt.⁸³ Für den breiten Gemeindesaal rate ich daher zu einer geringeren Anzahl nominal relativ breit abstrahlender Topteile, um die Kombination schmalerer Lautsprecherboxen zu einem Cluster zu vermeiden.

Lautsprecherboxen „fliegen“

Um auch mit weniger Schallquellen eine ausreichend gleichmäßige Schallverteilung zu erreichen, ist es wichtig, diese so zu positionieren, dass deren jeweilige Abstände zu einem beliebigen Hörer möglichst wenig unterschiedlich ausfallen.⁸⁴ Das erreicht man, indem die Schallquellen von oberhalb der Hörer schräg nach unten ausgerichtet werden. Lautsprecher auf diese Weise anzuordnen nennt man „fliegen“. Ein weiterer Vorteil gegenüber der Positionierung auf Kopfhöhe ist der, dass der Schall für die hinteren Hörer nicht durch die vorderen bedämpft wird. Zu jeder Position des vom Lautsprecher abgedeckten Hörbereichs liegt somit näherungsweise ein freies Schallfeld vor.

Die Lautsprecherboxen sollten also über Kopfhöhe installiert werden – umso höher, desto geringer die Differenz zum einzelnen Hörer. Allerdings ist dann aufgrund des längeren Weges zum Hörer auch ein höherer Schalldruckpegel erforderlich, wodurch

⁸² Dem Pegelverlust des geringeren Bündelungsgrades des Clusters als gesamte Einheit wird dabei durch die doppelte Anzahl an Lautsprechern entgegengewirkt. Vgl. Kap. 4.1.3.

⁸³ Vgl. Pieper 2011: 30f.

⁸⁴ Vgl. Kap. 4.1.3.

der Raum zusätzlich angeregt wird. Dies sollte vermieden werden. Es gilt also, einen Mittelweg zu finden.

Zur Befestigung der fliegenden Anordnung bieten sich Lautsprecherboxen mit so genannten Flugpunkten an. Mittels Drahtseilen, die an drei Punkten mit der Box verbunden sind, kann so jegliche Ausrichtung auf allen drei Raumachsen realisiert werden. Die Seile können an einer Traversenkonstruktion befestigt werden oder aber direkt an den Dachbindern. In jedem Fall ist die Statik vorab zu prüfen.⁸⁵ Man beachte zudem die Verwendung einer zusätzlichen Sicherung gegen Absturz aller geflogen installierten Gegenstände, beispielsweise mittels eines zusätzlichen Drahtkabels – der „Security Chain“.

Die Delayline

Hat der Raum eine gewisse Tiefe, reicht es trotz einer geflogenen Anordnung oftmals nicht aus, ihn nur von vorn zu beschallen. Weiter hinten liegende Publikumsbereiche werden daher durch eine zusätzliche Lautsprecheranordnung – der so genannten Delayline – versorgt, welche die Beschallung von vorn ergänzt. Sie trägt ihren Namen, weil deren Signal mittels Delay, also einer Verzögerungszeit, – wie zuvor erklärt⁸⁶ – an die Front-Beschallung angepasst werden muss. Nach dem „Gesetz der ersten Wellenfront“ empfiehlt es sich, die Delayline minimal länger zu verzögern als der Schall der Front-PA für die Strecke bis zur Delayline braucht, und letztere nicht zu laut zu fahren, um den Eindruck zu erwecken, der gesamte Schall komme von vorn. Dazu später mehr.⁸⁷

Auch im Frequenzverlauf sind oftmals Anpassungen an die Front-PA erforderlich. Das geschieht bei der Installation am besten mit Hilfe eines Rauschsignales⁸⁸ und einem von einem Messmikrofon gespeisten Spektrumanalyzer⁸⁹; bei mobilen Anlagen oftmals auch einfach nach Gehör. Die Anpassung der Delayline an die Front-PA sollte einmal

⁸⁵ Für die Licht- und Beschallungstechnik des Gemeindesaales übernimmt das der Elektrofachplaner in Zusammenarbeit mit Architekten und Statiker nach meinen Empfehlungen.

⁸⁶ Vgl. Kap. 4.1.2.

⁸⁷ Vgl. Kap. 4.1.5.

⁸⁸ Ein Signal, das alle hörbaren Frequenzen mit bekannter Amplitudenverteilung enthält: weißes oder rosa Rauschen.

⁸⁹ Ein Spektrumanalyzer misst das Frequenzspektrum und stellt es optisch dar. Der Frequenzgang des Raumes und der Beschallungsanlage errechnet sich aus der Differenz des bekannten Eingangssignals (Rauschen) und dem gemessenen.

vorgenommen und dann belassen werden. Das Pegelverhältnis von Front-PA und Delayline darf später also nicht mehr verändert werden.

4.1.5 Räumliches Hören bei Mittel- und Hochtonlautsprechern

In einer PA sind die mit Mittel- und Hochtonlautsprechern bestückten Topteile⁹⁰ besonders wichtig. Sie geben die wesentlichen Frequenzanteile von „natürlichen“ Schallquellen wie Sprache, Musik und Geräuschen wieder – genau jener Quellen, denen zweifelsohne das Hauptinteresse der Beschallung gilt. Zudem sind die Topteile für deren Lokalisation verantwortlich, also das Richtungshören. Signale, die Frequenzen über 1600 Hz als wesentlichen Bestandteil beinhalten, werden nämlich hauptsächlich durch interaurale Pegeldifferenzen lokalisiert,⁹¹ d. h. durch jeweils unterschiedlich hohe Schalldruckpegel am linken und rechten Ohr. Nur wenn Frequenzen über 1600 Hz fehlen, wird die Hörereignisrichtung stattdessen durch interaurale Zeitdifferenzen bestimmt.⁹² Im Tieftonbereich, unter 300 Hz, entstehen jedoch aufgrund der Beugung um den Kopf⁹³ praktisch keine Pegeldifferenzen,⁹⁴ die aber – wie bereits beschrieben – für die Ortung „natürlicher“ Schallquellen entscheidend sind. Die Bässe können also kaum geortet werden; die korrekte Positionierung der Topteile ist umso wichtiger.

Auf die Richtung kommt es an

Statt Boxen an einem Traversensystem zu fliegen, ist es der Einfachheit gängige Praxis, die Topteile mittels Halterungen an der Wand zu installieren und zweckmäßigerweise nach innen einzudrehen. Wie oben bereits erwähnt,⁹⁵ ist dies allerdings ungünstig, weil es dadurch beim Hörer zu Diskrepanzen zwischen optischer und akustischer Lokalisation der Schallquelle kommt⁹⁶ – umso mehr im breiten Gemeindegemisch. Das heißt, er sieht den Prediger vorn, hört ihn aber von der Seite, was sehr irritierend wirken kann. In der horizontalen Hörebene und in Blickrichtung kann das menschliche Gehör die Richtung nämlich auf bis zu 2° bis 3° genau bestimmen; seitlich

⁹⁰ Vgl. Kap. 4.1.1.

⁹¹ Vgl. Dickreiter 1997: 120.

⁹² Vgl. Dickreiter 1997: 120.

⁹³ Der Abstand der Ohren ist gegenüber der Wellenlänge sehr klein.

⁹⁴ Vgl. Dickreiter 1997: 119.

⁹⁵ Vgl. Kap. 4.1.3.

⁹⁶ Trotz weiter erläutelter Kompromisse wird diese Problemstellung bei vielen Beschallungsanlagen leider prinzipiell vernachlässigt.

noch auf etwa $4,5^\circ$.⁹⁷ Für breitbandige und impulsartige Signale ist die Lokalisation bis auf $\pm 1^\circ$ sogar noch genauer; wohingegen schmalbandige Signale mit immerhin $\pm 5^\circ$ bis $\pm 10^\circ$ am wenigsten genau lokalisiert werden.⁹⁸

Es bietet sich daher an, Topteile in der horizontalen Ebene so zu installieren, dass sie mit Hörer und Bühnenakteur in einer senkrecht stehenden Ebene liegen. Bedauerlicherweise ergibt sich dabei ein ähnlicher Sachverhalt wie bei den Laufzeitdifferenzen mehrerer Lautsprecher:⁹⁹ Es können sich unmöglich alle Hörer in einer vertikalen Ebene mit Topteil und Akteur befinden – es sei denn das Topteil hängt genau über dem Bühnenakteur. Den vorgenannten Fall ausgenommen, wird es immer Hörer geben, die das Signal außerhalb ihrer horizontalen Blickrichtung hören – auch mit mehr als $4,5^\circ$ Abweichung. Deshalb geht meine Überlegung dahin, die Topteile in der Mitte über der Bühnenkante bzw. etwas dahinter zu platzieren, um für den Durchschnitt der Bühne eine gute horizontale Lokalisation zu gewährleisten. Dabei ist aber zu bedenken, dass von dort aus alle Hörer erreicht werden müssen. Im Zweifel ist eine gleichmäßige Abdeckung der Lokalisation vorzuziehen. Für den breiten Gemeindesaal bietet sich ein Kompromiss an, bei dem die Topteile so weit wie **nötig** nach außen und so weit wie **möglich** in Richtung Mitte positioniert werden.

Denkbar wäre auch eine jedoch aufwändigere Lösung, indem man sich das oben bereits erwähnte¹⁰⁰ „Gesetz der ersten Wellenfront“ zu Nutze macht. Dieses besagt, dass der Richtungseindruck von dem Schall bestimmt wird, der zuerst beim Hörer eintrifft. Der Pegel des 5 bis 30 ms später nachfolgenden Schalls darf dabei für Sprache sogar bis zu 10 dB lauter sein als der des Primärschalls.¹⁰¹ Wie oben beschrieben, kann also ein Topteil oder aber ein Cluster als so genannter „Center“ in die Mitte gesetzt werden. Für eine bessere Pegelabdeckung lassen sich weitere Topteile weiter links und rechts hinzufügen. Deren abgegebener Schall muss allerdings zwischen den genannten 5 bis 30 ms später beim Hörer eintreffen und der Schalldruckpegel des Centers darf beim Hörer nicht mehr als 10 dB weniger betragen als jener des seitlichen Topteils¹⁰². Letztere können entweder weiter zurückgesetzt oder deren Signal verzögert werden. Die Schwierigkeit besteht nun darin, dass sich ein

⁹⁷ Vgl. Dickreiter 1997: 120.

⁹⁸ Vgl. Dickreiter 2011: 130.

⁹⁹ Vgl. Kap. 4.1.2.

¹⁰⁰ Vgl. Kap. 4.1.4.

¹⁰¹ Vgl. Dickreiter 1997: 120f.

¹⁰² Ich spreche bewusst nicht von „Side Fills“, weil die sich „weiter außerhalb“ der Mitte befindlichen Tops aufgrund einer zu großen Entfernung zum Center und der geometrischen Gegebenheiten nicht „sehr weit außen“ positioniert werden sollten. Vgl. die ungünstige Anordnung links und rechts der Bühne, Kap. 4.1.3.

Hörer näher am Center befindet, ein anderer näher am seitlichen Topteil. Außerdem entstehen durch die vom Center abweichenden Laufzeiten grundsätzlich unerwünschte Phasenverschiebungen.¹⁰³ Abermals muss ein Kompromiss gefunden werden. Berechnete Verzögerungszeiten lassen sich nur für mittlere Positionen verwenden und dienen als Anhaltspunkt. In der Praxis müssen sie sich durch den tatsächlichen Höreindruck im Raum bewähren und entsprechend angepasst werden.

Die Stimme von oben

In vertikaler Richtung besteht ein wenig mehr Spielraum. Hier beträgt die Lokalisationsunschärfe zwischen $\pm 15^\circ$ und $\pm 20^\circ$ bei unbekannten Sprechern. Bekannte Stimmen kann das Gehör aber auf $\pm 10^\circ$ lokalisieren, weißes Rauschen sogar auf $\pm 4^\circ$ genau.¹⁰⁴

In der Gemeinde sind die Stimmen des überwiegenden Teils der Bühnenakteure dem Gehör des regelmäßigen Besuchers vertraut. Fliegen die Topteile also höher als eine Abweichung von 10° von der Sichtachse erlaubt, nimmt das Gehör einen Unterschied wahr. Ist der Winkel größer, entsteht das Gefühl, die Stimme komme von oben – neben dem höheren Pegelbedarf¹⁰⁵ ein weiterer Grund, die Topteile nicht allzu hoch zu fliegen, und im Übrigen ein Argument gegen die ausschließliche Verwendung von Deckenlautsprechern im Gemeindesaal. Andererseits dürfen die Topteile aber nicht zu tief hängen, weil sie sonst die Sicht auf die Leinwand behindern.¹⁰⁶ An dieser Stelle hat die Sicht Vorrang vor der Lokalisation. Es ist auch keine Option, die Boxen etwas weiter außen und dafür niedriger auf der Bühne stehend zu platzieren, weil durch die breite Bestuhlung auch dort in jedem Fall die Sicht behindert würde und die Boxen auch auf der Bühne selbst störten. Würden sie als erste Wellenfront von ganz außen an der Wand nach innen strahlen, indem ihre Höhe auf die vertikale Lokalisation optimiert wäre, würde dies wiederum mit der horizontalen Lokalisation kollidieren. Es bliebe allenfalls die Möglichkeit eines Frontfills, also einer zusätzlichen Lautsprecherbox, die möglichst um den gleichen Winkel wie die geflogene, jedoch nach unten, versetzt ist. Praktischerweise würde ich sie auf der Bühnenvorderkante oder gar auf dem Boden platzieren. Die wahrgenommene Richtung würde somit nach unten korrigiert und die Phantomschallquelle befände sich im besten Falle wieder beim Sprecher. Jedoch ist das erstens unverhältnismäßig aufwendig – die Schalle von

¹⁰³ Vgl. Kap. 4.1.2.

¹⁰⁴ Vgl. Dickreiter 2011: 130.

¹⁰⁵ Vgl. Kap. 4.1.4.

¹⁰⁶ Als akustisches Optimum wäre die Positionierung direkt vor dem Mund des Sprechers anzusehen, was in der Praxis natürlich absurd ist.

Hauptlautsprecher und Frontfill müssen zeitgleich und mit gleichem Pegel beim Hörer eintreffen – und funktioniert zweitens nur für die erste(n) Reihe(n), weil der Schall von der unteren Box von den davor sitzenden oder stehenden Besuchern stark bedämpft wird. Das heißt, man wird mit einer gewissen Auswanderung der Hörrichtung nach oben rechnen müssen – besonders in den vorderen Reihen, weil dort der Winkel viel steiler ausfällt. Aber mit dieser Einschränkung kann man leben. Ich empfehle die Vorbereitung eines Frontfills, würde es aber nur des Direktschalles wegen – nicht aufgrund der Lokalisation – bei Bedarf zuschalten. Außerdem sollte bedacht werden, dass die Blickrichtung als Voraussetzung sehr variieren kann. Auf die an der Decke hängende Leinwand schauen beispielsweise die meisten Besucher in einem steileren Winkel als auf die Akteure. In Bezug auf die Leinwand eignen sich darum die hoch fliegenden Topteile gut.

4.1.6 Subwoofer und Bass-Arrays

Subwoofer übernehmen den Tieftonbereich, etwa unter 120 Hz. Zwar können auch die Basslautsprecher der Topteile – abhängig von deren Membrandurchmesser – diese Frequenzen wiedergeben, jedoch reicht der abgegebene Schalldruck nicht aus.¹⁰⁷ Um sie nicht zu überlasten sollten sie – wie bereits erwähnt¹⁰⁸ – mittels Hochpass begrenzt werden und die Tieftonarbeit den Subwoofern überlassen werden. Die Tieftöner müssen nämlich enorme Hübe verkraften und entsprechend stabil gebaut sein. Das liegt unter anderem daran, dass der Frequenzgang des menschlichen Gehörs zu tiefen Frequenzen hin abfällt. Es sind im Tieftonbereich also höhere Schalldruckpegel erforderlich. Außerdem muss durch die größeren Membranabmessungen auch eine größere Masse bewegt werden. So erklärt sich auch der verhältnismäßig große Leistungsbedarf der Subwoofer.¹⁰⁹

Im Grunde genommen ist die Anordnung der Subwoofer ähnlich wie bei Topteilen zu betrachten. Die Lokalisation spielt allerdings im Bereich unter 300 Hz, wie schon erklärt, nahezu keine Rolle.¹¹⁰ Für eine gleichmäßige Abdeckung des Hörbereichs ist es möglich, auch Subwoofer zu fliegen. Wegen der großen Abmessungen wird aus folgenden Gründen meist jedoch darauf verzichtet:

¹⁰⁷ Vgl. Pieper 2011: 252f.

¹⁰⁸ Vgl. Kap. 4.1.1.

¹⁰⁹ Vgl. Pieper 2011: 252.

¹¹⁰ Vgl. Kap. 4.1.5.

- hohes Gewicht:
 - hohe statische Bedingungen an den Bühnenaufbau
 - aufwändige Installation
- ggf. Sichtbehinderung
- Auffälligkeit

Gerade bei Festinstallationen wie in einem Gemeindesaal spielt die optische Wirkung der technischen Aufbauten eine große Rolle, denn „das Auge hört mit“: Große Lautsprecherboxen können subjektiv den Eindruck erwecken, es sei laut – selbst dann, wenn sie gar nicht in Betrieb sind. Dem AK Bau der EFG Schneeberg war daher wichtig, die Subwoofer als die Lautsprecherboxen mit den größten Abmessungen möglichst unauffällig unterzubringen. Dafür bietet sich der Standort in der Bühnenfront an. Das hat zur Folge, dass die Schallverteilung nicht mehr so gleichmäßig ist, wird aber üblicherweise in Kauf genommen. In der Regel erwartet der Besucher auch – bewusst oder unbewusst – vorn mehr Tiefbass als weiter hinten. Abhängig von der Bestuhlung ist das Publikum zwar ein sehr guter Absorber; immerhin wird der Bassbereich aber am wenigsten bedämpft.¹¹¹ Man bedenke zudem, dass die Subwoofer die Topteile unterstützen – nicht umgekehrt. Die Sprachverständlichkeit ist bereits durch die Topteile gewährleistet. Subwoofer sind für die Wiedergabe von Quellen mit tieffrequentem Schallanteil erforderlich.

Eine übliche Variante ist es, die Subwoofer links und rechts der Bühne¹¹² aufzustellen. Weil viele Modelle wenig gerichtet abstrahlen, besteht ein (theoretischer)¹¹³ Vorteil darin, dass der abgegebene Schall von dort nicht so stark auf die Mitte der Bühne strahlt. Außerdem werden seitliche Subwoofer oft als Unterbau für nicht geflogene Topteile genutzt. Nachteilig ist, dass es durch unterschiedliche Laufzeiten beider Einheiten zu destruktiven Interferenzen kommt, die nicht ausgeglichen werden können, weil sich die Abstrahlbereiche überschneiden. Es wird also Energie verschwendet und die Bässe sind weniger druckvoll.

Ich bevorzuge die Variante, alle Subwoofer mittig vor bzw. – konkret für den Gemeindesaal – in der Bühnenfront zu platzieren. Einem ggf. auftretenden Einstreuen der Bässe in weit vorn auf der Bühne stehende Mikrofone kann mit einem Low-Cut-

¹¹¹ Vgl. Heckl, Müller 1994: 612.

¹¹² Das geht freilich sowohl vor als auch in der Bühnenfront.

¹¹³ Vgl. die Bemerkung zu Low-Cut-Filtern im nächsten Absatz.

Filter, also einem Hochpass in den entsprechenden Mikrofonkanälen des Mischpultes, begegnet werden. Dieser ist ohnehin für die Unterdrückung des Trittschalls erforderlich. Mikrofone, die auch tiefe Frequenzen wie beispielsweise solche der Bassdrum aufnehmen sollen, befinden sich gewöhnlicherweise weiter hinten auf der Bühne. Außerdem gibt es auch mehr oder minder gerichtet abstrahlende Subwoofer, die dieses Problem minimieren.

Bass-Arrays – Das „Zahnlückenprinzip“

Was die Positionierung in der Mitte der Bühne so begünstigt, ist die Anordnung als Bass-Array. Ist der Abstand d_{LS} zweier Schallquellen nicht größer als $\lambda/2$ der höchsten wiederzugebenden Frequenz¹¹⁴ – die Wellenlänge λ ist gegenüber dem Abstand also groß –, treten im Nahfeld keine destruktiven, sondern nur konstruktive Interferenzen auf.¹¹⁵ Das heißt, der Pegel wird erhöht.

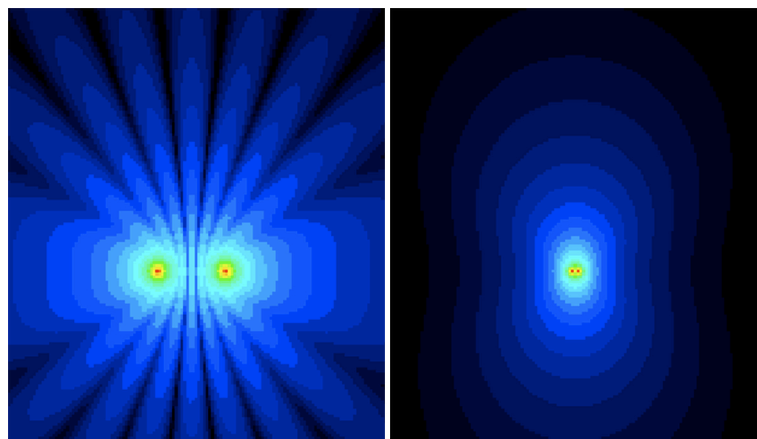


Abb. 7: Vergleich der Interferenzen zweier Subwoofer bei 100 Hz im Abstand von 14 m (links) und 1,4 m (rechts).¹¹⁶

Die Formel zur Berechnung der Wellenlänge lautet

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4.1.6-1).$$

¹¹⁴ Vgl. Hauck 2007: 40.

¹¹⁵ Vgl. Holtmeyer, Line Arrays – The Hype Goes On, 28.06.2013: 1.

¹¹⁶ Maßstab identisch. Eigene Darstellung mit der Akustik-Simulationssoftware ULYSSES unter Verwendung des Skalierungsverfahrens nach Hauck 2007: 16-19.

Für eine obere Grenzfrequenz $f = 120 \text{ Hz}$ ist die Wellenlänge somit

$$\lambda_{120 \text{ Hz}} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{120 \frac{1}{\text{s}}} = 2,8\bar{3} \text{ m}.$$

Das heißt, mehrere Subwoofer können als eine einzige Quelle betrachtet werden, wenn deren Membranmittelpunkte jeweils nicht weiter als rund 1,40 m auseinanderliegen:

$$d_{LS} = \lambda_{120 \text{ Hz}} / 2 = 1,41\bar{6} \text{ m} \approx 1,4 \text{ m}.$$

Anders als bei hohen Frequenzen, wo die Gehäuseabmessungen zu groß sind, ist das bei Subwoofern wegen der größeren Wellenlänge gut zu realisieren. Es ergibt sich das als „Zahnlückenprinzip“ bezeichnete Abstandsraster. Für eine gleichmäßige Abstrahlung des Arrays müssten bei der Länge und Tiefe des Gemeindesaales die Subwoofer über die gesamte Breite der Bühne verteilt werden.¹¹⁷

Allerdings ist es durch so genanntes Curving möglich, den Abstrahlwinkel des Arrays zu vergrößern, ohne erneut destruktive Interferenzen hervorzurufen. Die Anzahl der Subwoofer lässt sich auf diese Weise verringern. Dazu werden die äußeren entsprechend nach hinten versetzt. Da das Zurücksetzen unter der Bühne aber ungeeignet ist, greife ich auf das so genannte Delay-Curving zurück. Statt die Subwoofer physisch zu verschieben, verzögere ich das Signal der beiden äußeren Subwoofer mittels Delay. Das hat außerdem den Vorteil, dass der Schalldruck mehr nach vorn fokussiert wird.¹¹⁸

¹¹⁷ Vgl. Hauck 2007: 40.

¹¹⁸ Vgl. Hauck 2007: 49.

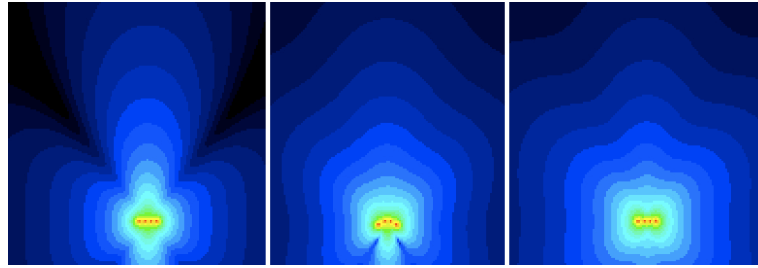


Abb. 8: Vergleich von vier Subwoofern bei 100 Hz im Abstandsrastrer von 1,4 m ohne Curving (links), mit Zurücksetzen der äußeren beiden Subwoofer um 85 cm (Mitte) und mit Delay-Curving der äußeren um 2,5 ms (rechts).¹¹⁹

Für die Lautsprecherwahl selbst gilt es üblicherweise, sich zwischen 15- und 18-Zoll zu entscheiden. Letztere können durch ihre Größe in der Regel tiefere Frequenzen wiedergeben. 15-Zöller arbeiten aufgrund der geringeren Masse jedoch schneller. Es existieren aber auch Bandpasssysteme, die mehrere kleinere Lautsprecher wie je 10- oder 12-Zöller kombinieren und daher für den Gemeindesaal besonders¹²⁰ interessant sind.¹²¹ Denn hier sind die Außenabmessungen der Subwoofergehäuse für die Auswahl entscheidend, schließlich müssen sie noch unter die mit 72 cm nicht gerade hohe Bühne passen. Konstruktionsbedingt verringert sich der verfügbare Platz noch einmal. Der Subwoofer darf somit kaum mehr als 60 cm hoch sein. Neben Bandpasssystemen erfüllen auch einige 15-Zoll-Subwoofer diese Voraussetzung.

4.2 Leistungsverstärkung

4.2.1 Wissenswertes zum Leistungs- und Pegelbedarf

Wie man Automotoren nach Pferdestärken bewertet, werden PA-Systeme nach Leistung differenziert. Leider wird dazu oftmals die elektrische Leistungsaufnahme herangezogen. Diese ist jedoch nicht aussagekräftiger als der Kraftstoffverbrauch auf 100 km. Entscheidend ist die tatsächlich abgegebene Schallleistung. Ich erinnere an die bescheidenen Wirkungsgrade von Lautsprechern.¹²² Von Bedeutung ist somit – neben dem Wirkungsgrad der PA – der benötigte Schalldruckpegel. Dafür zieht man

¹¹⁹ Maßstab identisch. Eigene Darstellung mit der Akustik-Simulationssoftware ULYSSES unter Verwendung des Skalierungsverfahrens nach Hauck 2007: 16-19.

¹²⁰ Jedoch nicht ausschließlich.

¹²¹ Vgl. Pieper 2011: 266.

¹²² Vgl. Kap. 4.1.1.

den Kennschalldruckpegel eines Lautsprechersystems zu Rate. Das ist derjenige Schalldruckpegel, den das System in einem Meter Entfernung in einem mittleren Frequenzbereich (250 Hz bis 4 kHz) abgibt, wenn eine elektrische Leistung von einem Watt umgesetzt wird.¹²³ Man bedenke den entsprechenden Pegelabfall pro Entfernungsverdopplung.¹²⁴ Eine Delayline hilft, die Lautstärke vorn zu reduzieren.¹²⁵ Daraus sollte die Wahl des Lautsprechersystems mit entsprechender Leistungsreserve erfolgen. Die Verstärkerleistung ergibt sich dann im Umkehrschluss.

Für Sprache bei ruhigem Publikum werden beispielsweise 70 bis 75 dB(A) benötigt, mit hohem Störpegel schon 85 bis 90 dB(A). Bei Musik und im Theater rechnet man bis 100 dB(A) und für Popmusik mit Solisten geht man sogar noch darüber hinaus. Zudem wird üblicherweise eine zehnfache Leistungsreserve einkalkuliert.¹²⁶ Das entspricht 10 dB, also einer gefühlten Verdopplung der Lautstärke.¹²⁷

Wichtig ist in diesem Zusammenhang Teil 5 der DIN 15905. „[Z]um Vermeiden einer Gehörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik“¹²⁸ sind nämlich die folgenden Grenzwerte nicht zu überschreiten. $L(A)_{eq}$ ist ein energieäquivalenter Mittelwert, gemessen über 30 Minuten für jede volle halbe Stunde. Dieser darf 99 dB(A) nicht überschreiten. Er gilt auch als eingehalten, wenn der gemittelte Wert über zwei Stunden die geforderten 99 dB(A) nicht übersteigt. Dabei ist aber zu beachten, dass der maximal zulässige Spitzenpegel $L(C)_{peak}$ allerhöchstens 135 dB(C) erreichen darf.¹²⁹

Die EFG Schneeberg wird aus praktischen Gründen aber darauf achten, prinzipiell bei einem $L(A)_{eq}$ unter 95 dB(A) zu bleiben. Ab diesem Wert muss der Veranstalter dem Publikum Gehörschutz zur Verfügung stellen. Bereits ab 85 dB(A) muss auf Gehörschutz hingewiesen und eine Pegelmessung vorgenommen werden. Schon deshalb wird die EFG Schneeberg bei regelmäßigen Veranstaltungen den Pegel unter diesem Wert belassen. Das bedingt aber – wie oben benannt – ein ruhiges Publikum.¹³⁰ Außerdem dienen 85 dB(A) auch als Ausgangswert für die Immissionsschutzprognose und wirken sich danach besonders auf Nacht- und Ruhezeiten aus. Die in

¹²³ Vgl. Dickreiter 1997: 236.

¹²⁴ Vgl. Kap. 4.1.3.

¹²⁵ Vgl. Kap. 4.1.4.

¹²⁶ Vgl. Dickreiter 1997: 235f.

¹²⁷ Vgl. Pieper 2011: 23.

¹²⁸ DIN 15905-5 v. November 2007.

¹²⁹ Vgl. DIN 15905-5 v. November 2007.

¹³⁰ Vgl. Dickreiter 1997: 236.

der TA Lärm geforderten Pegel dürfen nur bei „seltene[n] Ereignisse[n] (...) an nicht mehr als zehn Tagen oder Nächten eines Kalenderjahres“¹³¹ auf Antrag überschritten werden.

Für die Leistungsfrage spielt aber noch ein weiterer Sachverhalt eine Rolle. Leistungsverstärker, die an ihrer oberen Leistungsgrenze betrieben werden, neigen zum Übersteuern, wodurch Gleichspannung auf die Lautsprecher gelangt, welche diese beschädigen kann. Selbst mit entsprechenden Schutzschaltungen sollte eine Endstufe nicht am Limit zu betrieben werden. Das ist vergleichbar mit einem Motor, der permanent unter Volllast läuft. Die Verringerung der Lebensdauer ist garantiert. Für Konzerte und andere spezielle musikalische Veranstaltungen sollte also ausreichend Leistung vorhanden sein. Man wird die Anlage vernünftigerweise aber niemals unter Volllast betreiben.

4.2.2 Standort der Leistungsverstärker

Für die Standortwahl der Endstufen sind mehrere Faktoren zu beachten. Einerseits bietet sich die physische Nähe zum zu versorgenden Lautsprechersystem an, denn jeder Kabelweg bedeutet einen gewissen elektrischen Widerstand. Verstärkerleistung wird also in unnütze Wärme umgesetzt. Dem kann bis zu einer gewissen Länge mit entsprechend großen Leitungsquerschnitten sowie einer geringen Anzahl an Steckverbindungen – also einer Verringerung der Übergangswiderstände – begegnet werden. Andererseits arbeiten viele Endstufen mit Lüftern, die selbst einen gewissen Störpegel verursachen. Das ist gerade bei leisem Ambiente relevant. Daher kann es ratsam sein, Endstufen in einen anderen Raum auszulagern. Außerdem geben sie ihre Wärme dann nicht im Veranstaltungssaal ab. Für Verleiher und andere Betriebe mit viel austauschbarer Technik hat diese Variante den Vorteil, dass bei Ausfall einer Endstufe die Lautsprecherbox nicht mit zur Reparatur gehen muss und umgekehrt.

Für den Gemeindesaal der EFG Schneeberg ziehe ich dennoch aktive Systeme vor, bei denen sich der Leistungsverstärker direkt im Lautsprechergehäuse befindet. Ein Grund dafür ist der fehlende Platz für die Endstufen. Sie könnten einerseits im Technikteil des Bühnennebenraumes platziert werden. Allerdings verlöre dieser ohnehin kleine Raum dadurch dringend benötigten Platz. Zum Zweiten ist er nicht an die Belüftungsanlage angeschlossen. Der Regieplatz ist ebenfalls zu klein und zu weit von der Bühne entfernt. Denkbar wäre auch, die Endstufen mit den Subwoofern in die

¹³¹ Abs. 7.2 TA Lärm v. 26.08.1998.

Bühnenfront zu setzen. Durch davor befestigte Stoffbahnen fiele das optisch nicht auf. Die Lüftergeräusche könnten in ruhigen Situationen aber stören. Auch ein Hitzestau wäre nicht auszuschließen. Die von mir bevorzugten aktiven Topteile befinden sich bei fliegendem Aufbau weiter vom Publikum entfernt und die Luft kann frei zirkulieren. Durch den geringeren Leistungsbedarf der einzelnen Lautsprecherbox, arbeiten viele dieser Systeme ganz lüfterlos. Das ist besonders auch für die Monitorboxen auf der Bühne relevant.

Ein großer Vorteil von aktiven Systemen ist auch, dass die Endstufe von vorn herein in aller Regel gut auf das Lautsprechersystem abgestimmt ist. Für die Arbeit von Laientechnikern lassen sich damit außerdem Probleme mit Leistungs- und Impedanzanpassungen – z. B. durch eine falsche Lautsprecher-Endstufen-Kombination – ausschließen. Die theoretisch größere Gefahr von Einstreuungen auf die Zuleitung mit Line-Pegel gegenüber dem höheren Pegel des Lautsprechersignals bei passiven Systemen spielt laut Aussage des Elektrofachplaners bei fachgerechter Planung keine Rolle.

4.3 Controlling

4.3.1 Betriebsarten der PA-Anlage

Für den Betrieb einer Beschallungsanlage sind prinzipiell verschiedene Wiedergabetechniken denkbar, die Einfluss auf die Lokalisation einzelner Signalbestandteile haben können – ausgenommen der Mono-Betrieb. In allen anderen Fällen können beispielsweise zwei Gitarren aus unterschiedlichen Richtungen kommend wiedergegeben werden. Mit dem so genannten Panning weist man einer Signalquelle eine Hörrichtung im Mastersignal zu. Neben dem Raumeindruck hat das den Vorteil, den Mix transparenter gestalten zu können.

Mono und „Exploded Mono“

Die einfachste Wiedergabeart ist die Monophonie (Mono) genannte Einkanaltechnik. Jedes Lautsprechersystem bekommt dabei ein identisches Mastersignal.¹³² Bei je einem Lautsprecher links und rechts, beispielsweise, bekommt jede Seite jeweils 50% des Gesamtpegels sowie jeweils 100% der gesamten Mastersignalinformation. Die

¹³² Hiervon ausgenommen sind freilich die Systemanpassungen des jeweiligen Lautsprechers.

Einzelsignale können im Mix deshalb nicht als Phantomschallquellen aus verschiedenen Richtungen kommend erscheinen. Damit entfällt eine der Möglichkeiten, den Mix transparenter zu gestalten.

Bei nicht-Mono-kompatiblen mehrkanaligen Quellen muss darauf geachtet werden, nur einen Kanal zu verwenden, um Auslöschungen zu vermeiden. Das kann zum Beispiel ein Stereo-Synthesizer, eine Gitarre mit Modulationseffekten oder im ungünstigen Fall die doppelte Overhead-Mikrofonierung sein. Der zweite Kanal fällt dabei ersatzlos weg.

In der Beschallungstechnik ist vorrangig ein so genanntes „Exploded Mono“ üblich. Hier wird die linke und rechte Seite separat angesteuert, prinzipiell aber mit einem identischen Signal – also monophon – versorgt. Sind nun nicht-Mono-kompatible Quellen Teil der Mischung, wird ein Kanal „hart“, d. h. auf Anschlag, links, der andere nach rechts gepannt – quasi Stereo. Der zweite Kanal geht also nicht ganz verloren, wird aber beinahe ausschließlich von der rechten Besucherseite gehört, der erste nur von der linken, wobei Raumreflexionen den Höreindruck relativieren.

Stereo

Bei der Stereo-Wiedergabe, genauer gesagt einer Intensitäts-Stereophonie durch Anwendung von Panoramareglern, kann eine Signalquelle beliebig zwischen linker und rechter Seite übergeblendet werden. Für den korrekten Höreindruck ist dabei aber entscheidend, dass der Abstand des Hörers zu den Lautsprechern beider Seiten identisch ist. Das kann in der Praxis üblicherweise nicht gewährleistet werden. Die folgenden Vergleiche gehen davon aus, dass ein Hörer ausschließlich von den Lautsprechern auf „seiner“ Seite (mit Direktschall) versorgt wird.

Pan	Left	Center	Right	Hörer L (L)	Hörer R (R)
L	100	-	0	100	0
L-C	75	-	25	75	25
C	50	-	50	50	50
C-R	25	-	75	25	75
R	0	-	100	0	100

Tab. 1: Pegelanteile Stereo in Prozent.

Pan	Left	Center	Right	Hörer L (L)	Hörer R (R)
L	100	-	0	100	0
L-C	75	-	25	75	25
C	50	-	50	50	50
C-R	25	-	75	25	75
R	0	-	100	0	100

Tab. 2: Signalanteile Stereo in Prozent.

Die Pegel- und Signalanteile sind identisch, weil Hörer auf der linken Seite nur das linke LS-System hören. Die rechte Seite verhält sich analog dazu. Sobald die Phantomschallquelle – also die empfundene Hörrichtung – vom Hörer weg wandert, ergibt sich somit gleichermaßen ein Signalverlust für ihn.

Selbst wenn alle Hörer Direktschall beider Seiten bekommen würden, ergäbe sich noch immer ein Pegelunterschied aufgrund der unterschiedlichen Entfernung. Die Stereohörfläche ist daher sehr klein. Für eine Basisbreite von nur 3 m und einem Abstand von 5 m ist die Stereohörfläche nur etwa 21 cm breit. Bei weiter auseinander stehenden Lautsprechern ist der Bereich sogar noch kleiner.¹³³ Für die Beschallung des Gemeindesaales kommt Stereophonie daher nicht in Frage.

Left-Center-Right (LCR)

Beim LCR-System kommt zur linken und rechten Seite noch ein Center-Lautsprecher oder -Cluster hinzu. Grundvoraussetzung ist, dass von dort alle Hörer erreicht werden. Der Center muss daher sehr breit abstrahlen. Das Panorama kann nun nach folgendem Muster nahtlos zwischen den drei Positionen übergeblendet werden:

¹³³ Vgl. Dickreiter 1997: 127.

Pan	Left	Center	Right	Hörer L (L+C)	Hörer R (C+R)
L	100	0	0	100	0
L-C	50	50	0	75	25
C	0	100	0	50	50
C-R	0	50	50	25	75
R	0	0	100	0	100

Tab. 3: Pegelanteile LCR in Prozent.

Pan	Left	Center	Right	Hörer L (L+C)	Hörer R (C+R)
L	100	0	0	100	0
L-C	50	50	0	100	50
C	0	100	0	100	100
C-R	0	50	50	50	100
R	0	0	100	0	100

Tab. 4: Signalanteile LCR in Prozent.

Von der eigenen Seite bis zur Mitte bekommt der Hörer – anders als bei der klassischen LR-Stereophonie – das gesamte Signal. Geht das Panning aber darüber hinaus, wird er nur unzureichend bis gar nicht durch den Center versorgt.

Left-Right+Mono (LR+M)

Dieses Problem umgeht das LR+M-System. Es handelt sich wie bei LCR um eine Intensitäts-Stereophonie, die um einen Center erweitert wird. Dieser bekommt nun ein reines Monosignal, bleibt also von der Panorama-Regelung unbeeinflusst. Der Hörer bekommt nun über den Center permanent das gesamte Signal. Eine Verbreiterung des Raumeindrucks ist durch das Stereo-Panning zwischen L und R möglich.

Pan	Left	Center (Mono)	Right	Hörer L (L+C)	Hörer R (C+R)
L	66,67	33,33	0,00	83,33	16,67
L-C	50,00	33,33	16,67	66,67	33,33
C	33,33	33,33	33,33	50,00	50,00
C-R	16,67	33,33	50,00	33,33	66,67
R	0,00	33,33	66,67	16,67	83,33

Tab. 5: Pegelanteile LR+M in Prozent.

Pan	Left	Center (Mono)	Right	Hörer L (L+C)	Hörer R (C+R)
L	100	100	0	100	100
L-C	75	100	25	100	100
C	50	100	50	100	100
C-R	25	100	75	100	100
R	0	100	100	100	100

Tab. 6: Signalanteile LR+M in Prozent.

LR+M eröffnet zudem noch weitere Möglichkeiten. Üblich ist es beispielsweise, besonders wichtige Quellen wie Sprache und Gesang nur auf den Center zu routen. Die übrigen Quellen werden auf L und R verteilt. Das ist auch mit Panorama-Regler auf Mittelstellung möglich. Für die Panorama-Regelung selbst gelten nämlich weiterhin die Probleme der Stereophonie.

Zusammenfassung

Für eine gleichmäßige Beschallung im Allgemeinen und speziell im relativ breiten Gemeindesaal eignet sich ein klassisches als „Exploded Mono“ eingesetztes LR-System am besten. Ein einziges Topteil reicht für die Versorgung eines jeweiligen Hörers aus. Somit müssen sich die Versorgungsbereiche der einzelnen Topteile nicht wesentlich überschneiden – destruktive Interferenzen werden vermieden. Für die Verwendung nicht-Mono-kompatibler Stereoquellen, deren Kanäle beide wichtige Informationen erhalten, ist man somit durch „hartes“ Panning gewappnet. Ein LR+M-System kann ebenso als „Exploded Mono“ verwendet werden. Ich mache die konkrete Auswahl von der günstigeren Flächenabdeckung der Topteile abhängig.

4.3.2 Lautsprechermanagement

Jede Lautsprechergruppe muss entsprechend vorangegangener Überlegungen an den Raum und das Beschallungskonzept angepasst werden. Das betrifft sowohl den Frequenzgang als auch den zeitlichen Signalverlauf, also die Eingabe der entsprechenden Delay-Zeiten. Mit den Möglichkeiten digitaler Mischpulte stellt sich die Frage nach der Position des Lautsprechermanagements. 16 separate Mixbusse und mehr sind längst keine Seltenheit. Kann intern sowohl ein GEQ¹³⁴ eingebunden als auch die Delayzeit eingestellt werden, könnte das Lautsprechermanagement auch über das Pult realisiert werden. Dabei gingen allerdings ggf. anderweitig benötigte Mixbusse verloren.¹³⁵ Für das Zumischen der Stereosumme ist in manchen Pulten außerdem ein Matrixbus erforderlich, der dann ebenfalls nicht mehr zur Verfügung steht. Für Monitoranwendungen und andere zusätzliche Summen, die direkt regelbar sein müssen, rate ich dazu, die Anpassungen direkt im Pult vorzunehmen. Das spart sowohl Platz als auch Geld.

Für die Hauptbeschallungsanlage ziehe ich externe Geräte für das Lautsprechermanagement vor. Somit werden vom Pult nur zwei Ausgangskanäle für die LR-Mastersumme benötigt. Damit steht nur der Stereo-Masterfader zum Pegeln zur Verfügung. Das hat den Vorteil, nicht versehentlich (oder bewusst) das Pegelverhältnis beispielsweise von Front-PA und Delayline zu verändern. Für die Ansteuerung der Subwoofer ergäbe es hingegen einen gewissen Sinn, sie separat nachzuregeln, weil das Gehör bei niedrigen Pegeln weniger bassempfindlich ist – quasi als manuelle Loudness-Funktion. Ich bleibe trotzdem dabei, im Gemeindesaal alle wesentlichen Systemanpassungen auszulagern, weil die PA auch von Laientechnikern bedient werden soll. Benutzergeschützte Einstellungen wären eine Option, würden die Pultauswahl jedoch unnötig einschränken. Außerdem ist es mit einem externen Lautsprechermanagement möglich, bei Bedarf das Pult zu wechseln, ohne dass alle Systemanpassungen erneut vorgenommen werden müssen. Das ist bei Ausfall des Pultes oder ggf. externen Künstlern mit eigenem Pult relevant.

Wichtig ist in jedem Fall, dass die Bedienung des Controllers für den regulären Betrieb unzugänglich gemacht wird. Das kann z. B. mit Passwortschutz oder durch eine

¹³⁴ Für Monitoring-Anwendungen reichen unter Umständen auch schon vier bis fünf (voll)parametrische EQs aus.

¹³⁵ Das trifft auf mein Kanalkonzept zu. Vgl. Kap. 9.2 sowie Anlage 3. Externes Lautsprechermanagement ist daher beinahe zwingend.

mechanische Abdeckung erfolgen. Das System wird einmal auf den Raum eingestellt und dann so belassen.¹³⁶

4.4 Raumspezifische Hinweise

Wie oben bereits erwähnt, eignet sich die Form des Gemeindesaales aus akustischer Sicht insofern gut für Beschallungsaufgaben, als die Hauptrichtung der Beschallung diagonal zu parallelen Wänden verläuft¹³⁷ und die senkrecht stehende Rückwand aus entsprechend schallabsorbierendem Material gefertigt wird.¹³⁸ Gleichzeitig hat der Raum von der Bühne aus gesehen eine relativ große Breite, die es zu beschallen gilt. Zudem wird der Gemeindesaal über große Bereiche von schallharten Glasflächen begrenzt – dem Eckfenster und der Mobiltrennwand.¹³⁹ Damit es nicht zu unerwünschten Reflexions- bzw. gar Echoeffekten kommt, habe ich bei der Beschallungsplanung ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, diese Glasflächen möglichst nicht direkt zu beschallen.

Das Beschallungssystem muss also einerseits breit genug sein, um den Publikumsbereich zufriedenstellend abzudecken. Andererseits darf es nicht zu breit sein und die Wände erreichen. Der Spielraum dabei ist gering, zumal das Arbeiten mit Abstrahlwinkeln eine gewisse Idealvorstellung ist und nur für einen mittleren Frequenzbereich sowie einen definierten Pegelabfall gilt. Darüber hinaus wird trotzdem noch Schall abgestrahlt, aber nicht mehr so viel Schallleistung abgegeben.

Üblich sind beispielsweise 60° x 40° Hornsysteme, d. h. der horizontale nominale Öffnungswinkel beträgt 60°, der vertikale 40°. ¹⁴⁰ Bei manchen Modellen lässt sich das Horn auch drehen, was mehr Flexibilität ermöglicht. Angesichts der genannten Gründe eignen sich für den Gemeindesaal horizontal relativ breit abstrahlende Hornsysteme, beispielsweise mit 90°. Sie sind zwar weniger gängig, aber durchaus verfügbar. Wesentlich breitere Systeme von beispielsweise 150° bis nahezu 180°, wie es viele

¹³⁶ Alle weiteren Klangbearbeitungen beziehen sich dann nicht mehr auf den Raum, sondern auf die Quellen und deren Zusammenwirken an sich.

¹³⁷ Vgl. Kap. 3.4.

¹³⁸ Vgl. Kap. 3.5.

¹³⁹ Vgl. Kap. 3.3.

¹⁴⁰ Vgl. Pieper 2011: 254.

Line-Arrays sind, wären hingegen aufgrund der Glasflächen ungeeignet und höchstens als Center geeignet.¹⁴¹

¹⁴¹ Ein vollwertiges Line-Array kommt aber, wie erläutert, aufgrund der Abmessungen als Center nicht in Frage. Vgl. Kap. 4.1.3.

5 Entwicklung eines Konzeptes zur Saalbeschallung

5.1 Topteile

Auf Basis der vorangegangenen Überlegungen habe ich ein Konzept erstellt, das mit möglichst wenig Einzelkomponenten den Hörbereich abdeckt,¹⁴² die Beschallung der Wandflächen aber – sofern möglich – meidet. Die Topteile sind aktive Hornsysteme und werden allesamt geflogen. Aufgrund der Tiefe ist eine Delayline erforderlich. Für alle Konzepte gilt, dass ich die Topteile auf der rechten Saalseite¹⁴³ weniger steil nach unten ausrichte, um eine größere Tiefe zu erreichen. Das ist der asymmetrischen Bestuhlung geschuldet. Ich weise außerdem noch einmal darauf hin, dass die Abstrahlwinkel Idealvorstellungen sind.¹⁴⁴ Durch die dreidimensionale Ausdehnung ergeben sich tatsächlich ellipsoide Hörflächen statt Kreissegmenten.

Verschiedenen Varianten

Erste Überlegungen führten mich zu einer LR-Frontbeschallung mit zusätzlichen Sidefills. Dazu kam eine in Abb. 9 gezeigte LR-Delayline, die ich auf die am weitesten entfernte Tonregie ausrichtete. Alle Topteile sollten einen gängigen horizontalen Öffnungswinkel von 60° aufweisen. Da die Regie außerhalb des Publikumsbereiches liegt, konnten mit der Delayline jedoch nur wenige Besucher erreicht werden. Außerdem waren Interferenzen zwischen Front-PA und Sidefill zu erwarten.

¹⁴² Vgl. Kap. 4.1.4.

¹⁴³ Sichtachse: Tonregie zur Bühne.

¹⁴⁴ Vgl. Kap. 4.1.4.

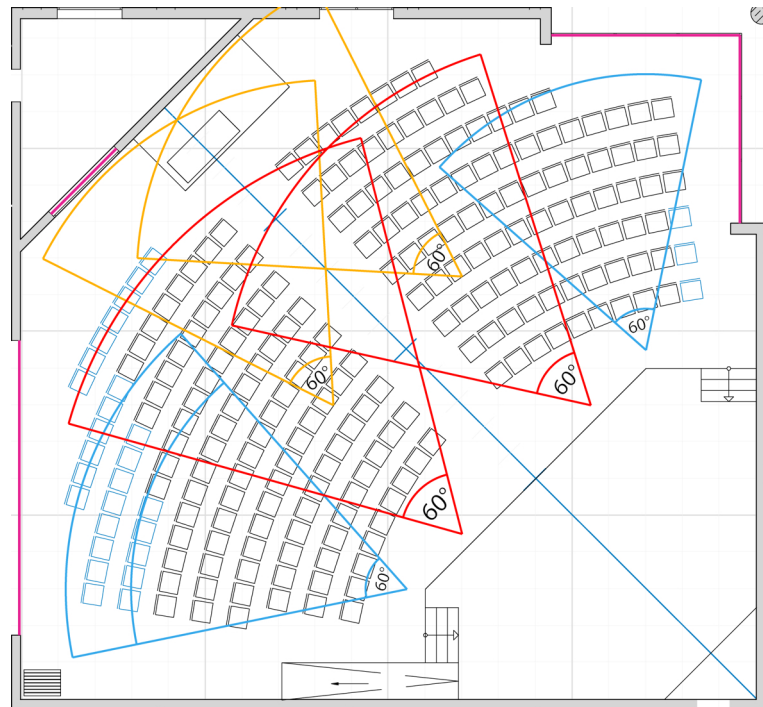


Abb. 9: Main LR (rot), Sidefills (blau) und LR-Delayline (gelb).¹⁴⁵

Um die horizontale Lokalisation zu verbessern, fügte ich einen Center-Lautsprecher hinzu, der nach dem „Gesetz der ersten Wellenfront“ zeitlich vor der LR-Front-PA arbeiten sollte. Diese konnte ich damit, wie in Abb. 10 ersichtlich, nach außen versetzen und durch den größeren Öffnungswinkel von 90° für alle von vorn kommenden Systeme die Sidefills ersetzen. Die Delayline verschob ich etwas nach außen, um zusätzlich zur Regie mehr Publikum mit abdecken zu können.

¹⁴⁵ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

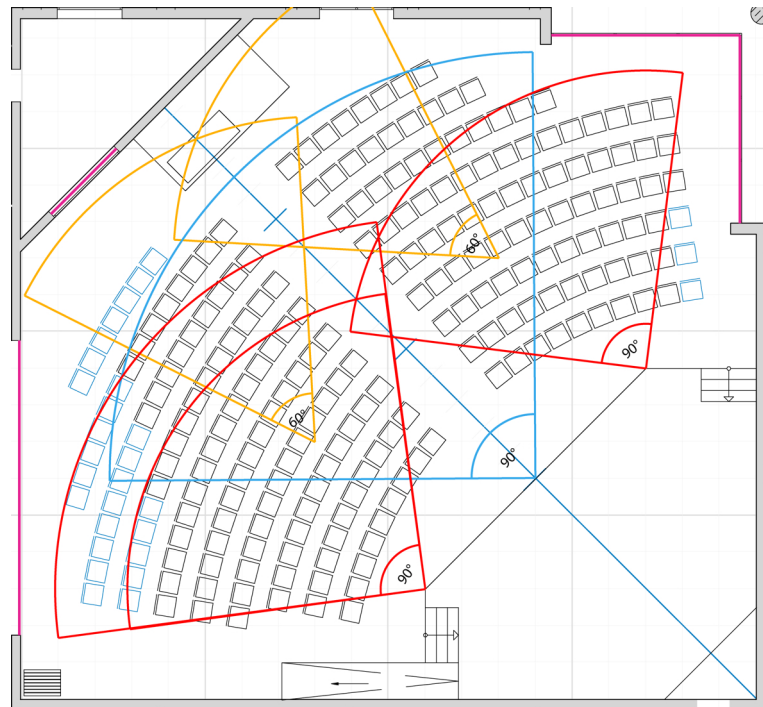


Abb. 10: Main-LR (rot), Main-Center (blau) und LR-Delayline (gelb).¹⁴⁶

Durch den breit abstrahlenden Center waren jedoch Interferenzen mit den äußeren Lautsprechern zu erwarten. Schmalere Systeme waren bei ähnlicher Anordnung auch keine Option, weil weite Teile des Hörbereichs umso weniger vom Center abgedeckt gewesen wären. Die horizontale Lokalisation hätte sehr darunter gelitten.

Stattdessen ersetzte ich das einzelne Topteil in der Mitte durch ein Center-Cluster aus zwei 60°-Tops. Durch den großen Öffnungswinkel des Clusters von 120° erreichte ich beinahe alle Hörer. Zudem fand ich heraus, dass ich die vorderen Tops aufgrund der geflogenen Anordnung auch ein wenig hinter die Bühnenkante zurücksetzen kann, ohne direkte Einstreuungen in die Mikrofone zu erwarten zu müssen.¹⁴⁷ Das verbreitert den von der Beschallung abgedeckten Bereich. Für die Delayline wählte ich dieselbe Strategie – je ein 2 x 60°-Cluster links und rechts. Damit wurde das Konzept auch der nach hinten breiter werdenden Raumform gerecht. Um die Wellenfronten von Front-PA und Delayline anzugleichen, richtete ich außerdem die Delay-Cluster auf und an der

¹⁴⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

¹⁴⁷ Das hängt von der Rückwärtsdämpfung und dem vertikalen Abstrahlwinkel des Systems ab und sollte durch einen Testaufbau bestätigt werden. Zudem sollen die Bühnenakteure aufgrund der Sichtverhältnisse zur Leinwand den ersten halben bis ganzen Bühnenmeter meiden. Das verschafft zusätzlichen Abstand.

Winkelhalbierenden des jeweiligen Front-Tops aus. Unversorgt blieb aber die entlegene Regie, weshalb ich ihr ein zusätzliches Delay-Top zuwies.¹⁴⁸

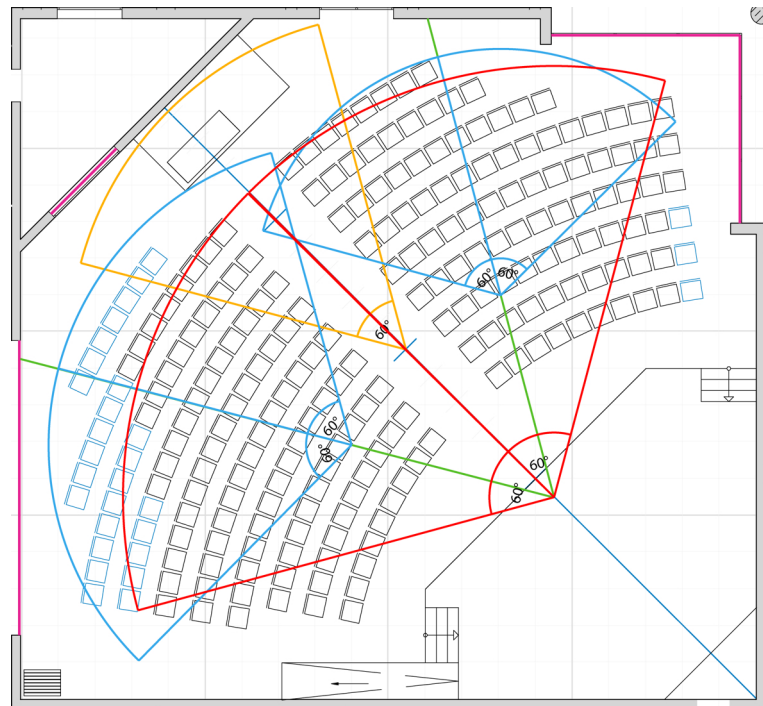


Abb. 11: Center-Cluster (rot) mit Winkelhalbierenden (grün), zwei Delay-Cluster (blau) sowie ein weiteres Delay-Topteil (gelb) in der Mitte.¹⁴⁹

Der Haken an diesem perfekt scheinenden Konzept waren die Cluster selbst – wegen der sich in der Realität überschneidenden Randbereiche. Außerdem war die Abdeckung im vorderen Seitenbereich nicht gewährleistet. Mit dem in Abb. 12 dargestellten Splitten und leichten Verschieben des Center-Clusters nach außen konnte ich das verbessern, ohne die Lokalisation all zu stark zu beeinflussen.

¹⁴⁸ Der bevorzugten monophonen Wiedergabe steht das keineswegs entgegen. Vgl. Kap. 4.3.1.

¹⁴⁹ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

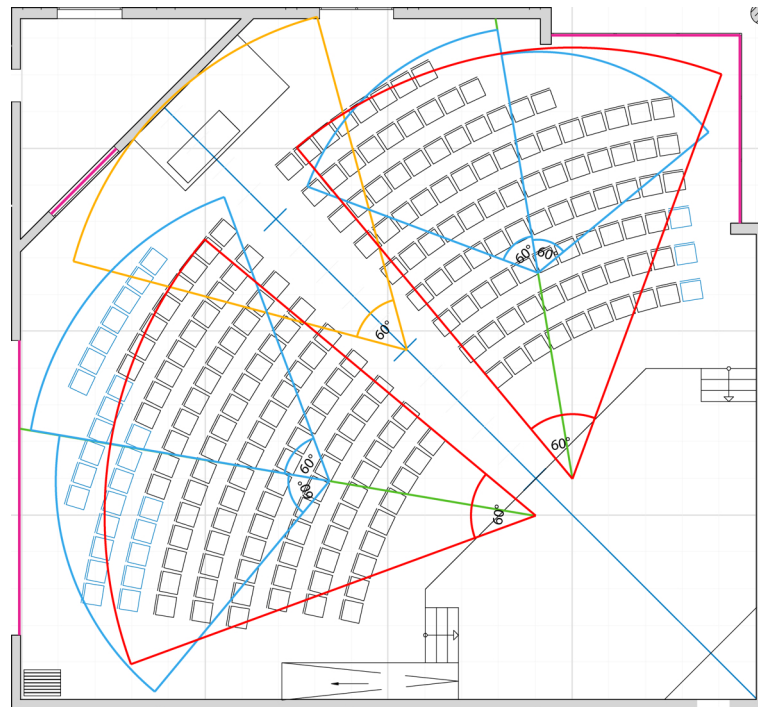


Abb. 12: Geteiltes Center-„Cluster“ (rot).¹⁵⁰

Es entstand eine Lücke im nicht bestuhlten Mittelgang. Bei anderer Saalnutzung, beispielsweise Konferenzbestuhlung mit Tischen oder bei Konzerten ohne Bestuhlung, wäre das nicht optimal. Für den Bedarfsfall hätte ich nur ein extrem schmales Frontfill ergänzen können. Die Interferenzprobleme der Delayline(s) blieben aber bestehen. Außerdem wäre das System aus sieben Topteilen – davon je zwei als Cluster – auch optisch ggf. auf Widerstand gestoßen.

Mein Beschallungskonzept

Mein der EFG Schneeberg empfohlenes Konzept kommt hingegen mit fünf Topteilen aus, die allesamt mit 90° horizontalem Öffnungswinkel abstrahlen. Solche Systeme sind durchaus verfügbar.¹⁵¹ Um unnötige Interferenzen zu vermeiden, verzichte ich –

¹⁵⁰ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

¹⁵¹ Als Beispiel sei die aktive Zwe Wege-Bassreflex-Box PRX615M von JBL mit 15“-Basslautsprecher genannt. Mit der PRX612M ist auch eine 12“-Variante verfügbar, die ebenfalls den erforderlichen horizontalen Abstrahlwinkel von 90° aufweist. Beide Varianten haben einen 1,5“-Hochtontreiber. HK Audio bietet mit L5 112 FA und L5 115 FA ähnliche Modelle mit 1“ Hochtönern an, jedoch mit asymmetrischem Horn. Auf Nachfrage teilte HK Audio mir mit, dass der Abstrahlwinkel in „größeren“ Entfernungen von 90°

wie beim vorangegangenen Konzept – auf einen Center und entscheide mich damit für den Betrieb als „Exploded Mono“.¹⁵² Damit fällt auch einer der Controllerkanäle für das Gewährleisten der ersten Wellenfront weg.

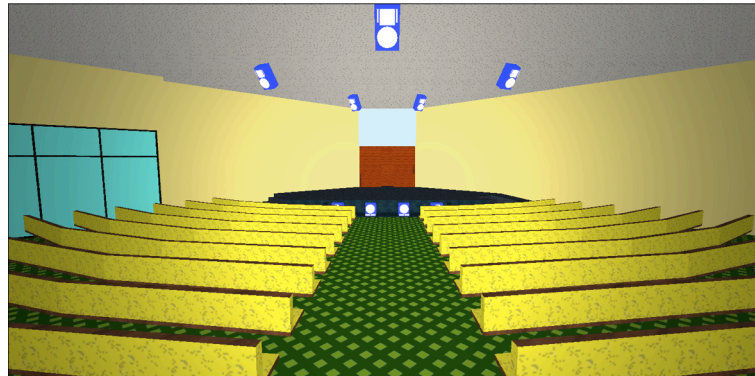


Abb. 13: Ansicht der Lautsprecheranordnung in der Raumakustik-Simulationssoftware CARA.

Die beiden Front-Toppteile setzte ich für die horizontale Lokalisation so weit wie möglich in die Mitte; jedoch nicht weiter als es eine gleichmäßige Abdeckung des Hörbereichs erlaubt. Damit umgehe ich zudem in weiten Teilen die gegenseitige Beeinflussung beider Seiten. Die hinteren Publikumsbereiche versorge ich ebenfalls mit nur einem Delay-Top pro Seite. Diese richte ich wiederum an der jeweiligen Winkelhalbierenden der Front-PA aus. Die Regie beschalle ich mit einer dritten Linie, nämlich einer zweiten Delayline, bestehend aus einem einzigen Topteil. Diese ist so weit von der ersten Delayline entfernt, dass es zu wenig bis gar keiner Überschneidung kommt.

auf 60° abnimmt. Die tatsächliche Auswahl des Systems ist jedoch nicht Thema dieser konzeptionellen Arbeit und sollte in jedem Fall von einem Testaufbau im fertigen Gemeindesaal abhängig gemacht werden.

¹⁵² Vgl. Kap. 4.3.1.

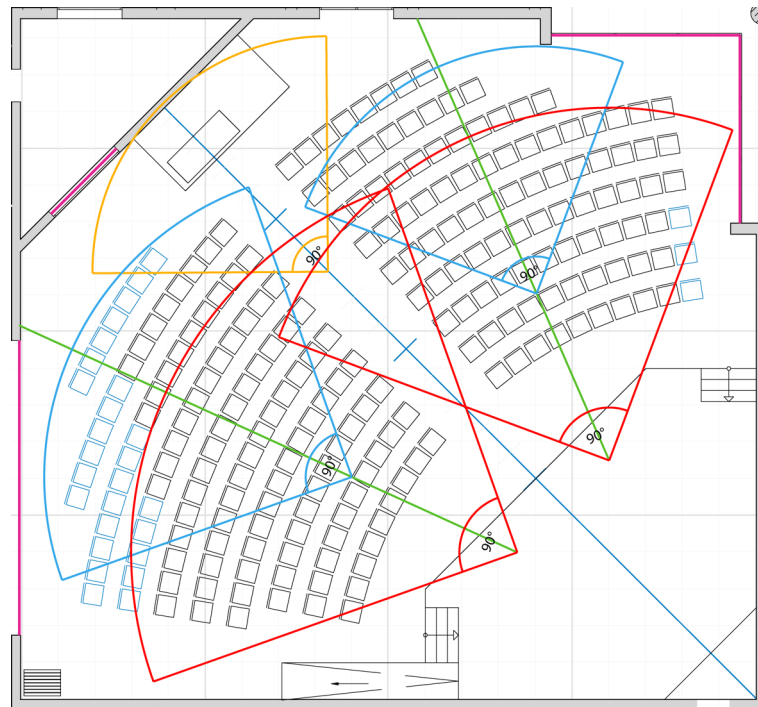


Abb. 14: Verhältnismäßig mittiges Main LR (rot) für eine gute horizontale Lokalisation, zwei äußere Delay-Toppteile (blau) sowie ein drittes (gelb) für die abgelegene Regie.¹⁵³

Für die Bereiche direkt vor der Bühne – beispielsweise für Konzerte ohne Bestuhlung – sehe ich zusätzlich zum beschriebenen Konzept die Möglichkeit für ein bzw. mehrere parallel geschaltete Frontfills vor. Das lässt sich bei Bedarf einfach über zum Publikum gerichtete Monitorboxen an der Bühnenkante realisieren und bedarf nur eines reservierten Monitorweges.

5.2 Subwoofer

Die aktiven Subwoofer setze ich nach dem „Zahnlückenprinzip“ als monophones Bass-Array mittig unter die Bühne. Davor kommt ein dezenter Vorhang. Das deckt sich sowohl mit den Anforderungen der Bauherrin an die Optik als auch mit meinen Vorüberlegungen.¹⁵⁴ Wie bereits beschrieben, lässt sich durch den gezielten Einsatz von Delay-Curving das Abstrahlverhalten des Arrays verbreitern. Für den Gemeindesaal lässt sich dadurch die Anzahl in akzeptabler Weise auf vier Subwoofer verringern.

¹⁵³ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

¹⁵⁴ Vgl. Kap. 4.1.6.

Für den Abstand der einzelnen Lautsprecher voneinander bleibe ich bei 1,4 m. Damit erreiche ich ein relativ homogenes Schallfeld bis zu einer oberen Grenzfrequenz von 120 Hz.¹⁵⁵ Darüber arbeiten die Topteile.

Mit der Simulationssoftware ULYSSES konnte ich brauchbare Ergebnisse bei einer Verzögerung der äußeren beiden Subwoofer (Sub B.L und B.R) von 2,5 ms gegenüber den inneren (Sub A.L und A.R) erreichen. Das entspräche deren Rückversetzung um 85 cm.¹⁵⁶

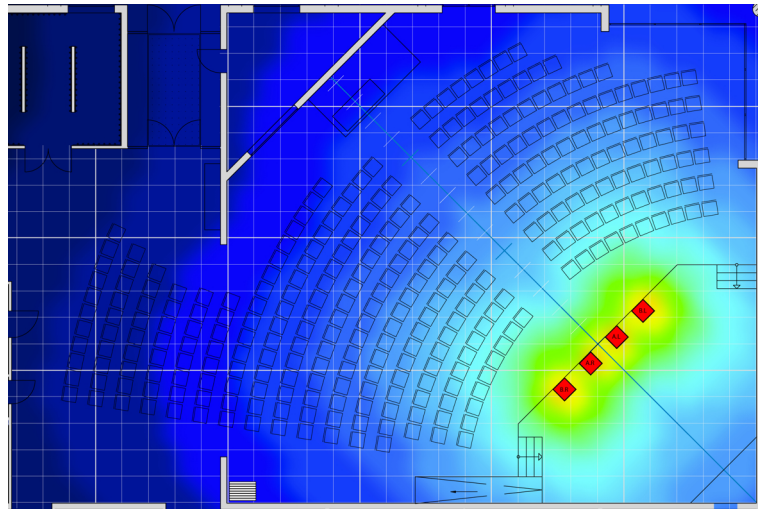


Abb. 15: Die vier Subwoofer in der Bühnenfront, Darstellung hinterlegt mit Freifeldsimulation bei 100 Hz und Delay-Curving mit 2,5 ms.¹⁵⁷

Die benötigte Breite unter der Bühne errechnet sich aus drei mal dem Abstand von 1,4 Metern zuzüglich der Breite eines Subwoofers und etwas „Luft zum Atmen“. Für einen üblichen Subwoofer von 70 cm Breite sollten daher knapp 5 m zur Verfügung stehen. Das muss bei der Konstruktion der Bühne bedacht werden. Abstützungen zwischen den Subwoofern sind aber möglich, also auf der Mittelachse und je 1,4 m nach außen gehend.

¹⁵⁵ Vgl. Kap. 4.1.6.

¹⁵⁶ Vgl. Kap. 4.1.2.

¹⁵⁷ Eigene Darstellung mit der Akustik-Simulationssoftware ULYSSES unter Verwendung des Skalierungsverfahrens nach Hauck 2007: 16-19, in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

5.3 Erweiterte Saalbeschallung mit offenem Foyer

Für die Beschallung mit geöffneter Mobiltrennwand habe ich mich aus optischen und Platzgründen gegen an Wand oder Decke geflogene Topteile entschieden. Um im Foyer dennoch die Sprachverständlichkeit zu gewährleisten, platziere ich dort in „Zone 1“ (Z1) acht hochwertige Deckenlautsprecher mit 8“-Tieftönern und 1“-Hochtönern. Denn Deckenlautsprecher sind ohnehin für eine Hintergrundbeschallung dieser und weiterer Zonen des Foyers und darüber hinaus vorgesehen.¹⁵⁸ Der in diesem Teil des Foyers geplante textile Fußbodenbelag befindet sich in der Hauptbeschallungsrichtung und begünstigt damit in seiner Eigenschaft als (wenn auch geringer) Absorber den Einsatz von Deckenlautsprechern.

Die erweiterte Beschallung des Foyers muss selbstverständlich separat zuschaltbar und ggf. regelbar sein. Deshalb lege ich das Signal auf einen regelbaren Splitter als Zonenverteiler. Ich verzögere es entsprechend der mittleren Entfernung von 17 m um 50 ms, zuzüglich mindestens 5 ms. Der Aufschlag dient dazu, dass der Schall aus dem Saal kommend lokalisiert wird.¹⁵⁹ Als Standort für den Verstärker (Amp 1) der Deckenlautsprecher (Z1) habe ich die Regie vorgesehen, um die obere Kontrolle über das Foyer zu gewährleisten. Z1 soll nämlich auch separat vom Mehrzweckraum aus angesteuert werden können.¹⁶⁰

5.4 Controlling

Für eine möglichst einfache und korrekte Bedienung wähle ich fest einzustellende Lautsprechercontroller, sodass nur der linke und rechte Masterkanal des Mischpultes benötigt werden. Für die Steuerung bieten sich digitale Managementsysteme (DSP) an, mit denen auch die Raumentzerrung mittels integrierter GEQs realisiert werden kann. Solche mit acht unabhängigen Kanälen bzw. Ausgängen gehören in der Regel der preislichen Oberklasse¹⁶¹ an. Um das zu umgehen, teile ich das Management mittels Signalsplitter auf zwei kostengünstigere¹⁶² Geräte mit mindestens je vier Ausgängen auf. Da vier der acht Lautsprechergruppen mit der Summe aus L und R

¹⁵⁸ Die tontechnische Konzeption der Nebenräume betreue ich neben der vorliegenden Arbeit.

¹⁵⁹ Vgl. Kap. 4.1.5.

¹⁶⁰ Ein von beiden Räumen schaltbarer separater Stromkreis mit Betriebsanzeige ist vorgesehen.

¹⁶¹ Größenordnung ab ca. 900 bis 1.500 Euro.

¹⁶² Es sind Controller verfügbar, die nicht halb so teuer sind wie o. g. Geräte. Damit entsteht selbst bei Verwendung von zwei Controllern ein Kostenvorteil.

versorgt werden, ist es möglich, den zweiten Controller direkt mit dieser Mono-Summe anzusteuern. Bei der Verwendung eines Gerätes mit mehr als vier, aber weniger als acht Ausgängen,¹⁶³ reicht somit ein einziger freier Ausgang zum Splitten aus. Die Signalsplitter entfallen. Folgende Controller-Einstellungen nehme ich vor:

DSP-Ch.	LS	Input	Crossover + Raumentzerrung	Dynamik	Delay
A1	Front L	L	HP 120 Hz + GEQ	Limiter	0 ms
A2	Front R	R			
A3	Delay L	L	HP 120 Hz (ggf. höher) + GEQ	Limiter	14,5 ms + ≥ 5 ms (entspr. 4,93 m + Lokalisation von vorn)
A4	Delay R	R			
(A5)	DSP B	L+R	–	–	–

Tab. 7: DSP-Einstellungen Controller A.

¹⁶³ Ein preiswertes System mit sechs Ausgängen ist z. B. der viel verwandte und durchaus brauchbare Behringer DCX2496. Neben analogen Eingängen steht hier auch ein AES/EBU-Eingang zur Verfügung, durch den das digitale Zweikanalsignal direkt in den Controller gelangt.

DSP-Ch.	LS	Input	Crossover + Raumentzerrung	Dynamik	Delay
B1	Delay Regie	L+R (A5)	HP 120 Hz (ggf. höher) + GEQ	Limiter	26,6 ms + ≥ 5 ms (entspr. 9,04 m + Lokalisation von vorn)
B2	Sub A.L + A.R	L+R (A5)	TP 120 Hz + GEQ	Limiter	9,7 ms (entspr. 3,30 m)
B3	Sub B.L + B.R	L+R (A5)	TP 120 Hz + GEQ	Limiter	9,7 ms + 2,5 ms (wie Sub A + 85 cm Delay-Curving für breitere Abstrahlung)
B4	Foyer Delay (Z1)	L+R (A5)	HP 120 Hz (ggf. höher) + GEQ	Limiter	50 ms + ≥ 5 ms (entspr. 17 m + Lokalisation von vorn)

Tab. 8: DSP-Einstellungen Controller B.

Die Delayzeiten beziehen sich auf den Abstand der jeweiligen Lautsprechergruppe zur Front-PA bei einer Schallgeschwindigkeit von 340 m/s. Bei höherer Raumtemperatur können die Zeiten ggf. ein wenig geringer ausfallen.¹⁶⁴ In jedem Fall müssen sie durch ein prüfendes Ohr bestätigt werden, besonders der Zeitzuschlag für die Lokalisation von vorn.

Wichtig ist, dass die Controller gegen Einstellungsveränderungen geschützt werden. Das Signal für die Saalerweiterung in das Foyer (B4) muss nach dem DSP allerdings noch in der Lautstärke geregelt werden können. Dazu muss es zu dem an der Regie stehenden regelbaren Foyer-Verstärker geführt werden.

¹⁶⁴ Vgl. Kap. 4.1.2.

6 Bühnen-Monitoring

6.1 Grundlegende Hinweise

Das Monitoring auf der Bühne dient in erster Linie zur Orientierung der Akteure. Besonders wichtig ist das für Musiker, denn die Bühne bekommt keinen Direktschall von der PA. Das ist gewollt, um Rückkopplungen in den Mikrofonen zu vermeiden. Auch die Einflussnahme des Monitorings auf den Saal ist möglichst gering zu halten. Ziel ist daher ein Bühnensound, der so leise wie **möglich** und nur so laut wie **nötig** ist. Jeder Bühnenakteur sollte deshalb nur die Signalanteile und Pegel bekommen, die er tatsächlich benötigt. Für die Verständlichkeit unnötige Frequenzen und Quellen werden entfernt. Darunter leidet freilich die Qualität des Klanges auf der Bühne. Ein Kompromiss muss gefunden werden. Im Zweifel geht aber die Publikumsbeschallung vor.

Besonders bei Musikern ist das von jeder Person oder Gruppe benötigte Signal sehr unterschiedlich. Zuerst einmal muss das eigene Instrument gehört werden, danach verschiedene Signalanteile zur Orientierung an den Mitmusikern. Daher braucht jede Instrumentengruppe, jedes Soloinstrument oder – besser – jeder Bühnenakteur seinen eigenen Monitor und meist einen separaten Mix. Die Lautstärke kann dabei reduziert werden, wenn jeder Monitor nur den jeweiligen Musiker beschallt. Die Lautsprecher sollten deshalb präzise ausgerichtet und so nah wie möglich am Ohr des Betreffenden platziert werden. Das Ausrichten gelingt z. B. durch entsprechendes Anwinkeln der Boxen auf Podesten oder mittels Hochständern. Zwar rückt die Technik damit optisch hervor, der Lautstärke – auch im Saal – ist es aber sehr zuträglich. Leider wird das all zu oft gerade bei der Backline, also den Instrumentenverstärkern, grob missachtet. Dabei können diese als direktes Monitoring aufgefasst werden und somit die Monitoranlage entlasten. Ein bekanntes Problem ist die zu laute Bassgitarre auf der Bühne – so auch im derzeitigen Gemeindehaus der EFG Schneeberg. Gefördert wird das durch die – trotz Erhöhung – zu tiefe Anordnung der Bassgitarrenbox. Das sollte spätestens im neuen Gemeindezentrum nach oben genanntem Muster geändert werden.

6.2 In-Ear-Monitoring

Das Lautstärkeproblem kann man durch In-Ear-Monitoring (IEM) umgehen. Dabei bekommt jeder Musiker statt einer Monitorbox im Ohr liegende Kopfhörer. Somit kann auch die Klangqualität verbessert werden, da jeder mehr Signalanteile als nur die zur Orientierung nötigen bekommen kann. Und die Bühne bleibt relativ leise. Vorausset-

zung ist, dass für den Klang erforderliche und daher nicht durch IEM ersetzbare Instrumentenverstärker, wie z. B. Gitarrenamps, in einem separaten Raum stehen und dort mikrofoniert werden.

Ein Nachteil von IEM ist allerdings „das Gefühl (...) der Abtrennung (...) vom Publikum“¹⁶⁵ und der Mitmusiker. Nicht alle Musiker der EFG Schneeberg nehmen diese Technik an. Zudem sind aus hygienischen Gründen personenbezogene Kopfhörer erforderlich. Auch die technischen Anforderungen an IEM sind nicht unerheblich: Alle benötigten Signale müssen auf der Bühne gesplittet und von einem zusätzlichen Monitormischpult auf der Bühne geregelt werden. Jeder Musiker benötigt zudem einen Kopfhörerverstärker. Mindestens für alle Akteure, die sich auf der Bühne weiter als einen halben Meter bewegen, muss dieser mobil in Form eines Funkempfängers ausgeführt sein. Dazu benötigt man das entsprechende Senderrack für alle einzelnen Funkstrecken, die miteinander funktionieren müssen. Ggf. ist eine Richtantenne von Nöten. Kurzum: Aufwand und Kosten sind enorm.¹⁶⁶

6.3 Das Monitoring-Konzept

Weil für Akteure, die kein IEM verwenden möchten, ohnehin Monitorboxen benötigt werden, verzichte ich angesichts o. g. Aspekte in meinem Konzept auf IEM – mit Ausnahme von Schlagzeug und Piano. Bereits im derzeitigen Gemeindehaus der EFG Schneeberg ist das gelegentliche Spielen mit Kopfhörer von Schlagzeuger und Pianist üblich. Deshalb nutze ich die Möglichkeit und stelle beiden Positionen wahlweise je einen fest verkabelten Kopfhörerverstärker oder aber eine Monitorbox zur Verfügung. Für den Fall, dass sich in Zukunft der Wunsch nach IEM vergrößert, sehe ich in meinem Konzept auf der Bühne eine zentrale „Sammelstelle“ aller Quellensignale vor, bevor sie zur Tonregie weitergeleitet werden.¹⁶⁷ Dort kann bei Bedarf ein Signalsplitter für separate Monitormischungen nachgerüstet werden.

Als Monitorboxen wähle ich – analog zur PA-Anlage – aktive Systeme. Einerseits können dadurch einige von der bisherigen Anlage übernommen werden. Andererseits

¹⁶⁵ Quinton, Klar und deutlich! Ein praktisches Handbuch für Mitglieder christlicher Gemeinden in Deutschland im 21. Jahrhundert, über Musik, Technik, Saalkonstruktion, Akustik, Multimedia und Veranstaltungen, 31.07.2013: 35.

¹⁶⁶ Vgl. Quinton, Klar und deutlich! Ein praktisches Handbuch für Mitglieder christlicher Gemeinden in Deutschland im 21. Jahrhundert, über Musik, Technik, Saalkonstruktion, Akustik, Multimedia und Veranstaltungen, 31.07.2013: 34f.

¹⁶⁷ Vgl. Kap. 11.3.

werden Probleme durch falsche Zusammenschaltung von Boxen und Endstufen vermieden. Zudem besteht noch immer deren Standortproblem.¹⁶⁸ Die Monitore sollten nur so groß wie nötig sein. Am Schlagzeug bedarf es mehr Durchsetzungskraft als vorn am Piano. Die bisher verwendeten Nahfeld-Studiomonitore¹⁶⁹ sind für letzteres bei behutsamer Verwendung gut geeignet. Für Gesang und Gitarren bieten sich kleine angewinkelte Bodenmonitore an, die (ggf. erhöht) vor dem Musiker stehen.

Um dem bekannten Bassproblem¹⁷⁰ begegnen zu können, nehme ich die Bassgitarre mittels Direct Out einer DI-Box ab und regle die Lautstärke des Bassverstärkers als Monitorbox vom Regiemischpult aus. Man nennt diese Verfahrensweise bzw. das zurückgegebene Signal „Bass-Return“. Mit übrigen Aux-Wegen wäre das in gleicher Weise für E-Gitarren denkbar. Bisher spielt das in der EFG Schneeberg keine Rolle, weil (fast) alle E-Gitarren ohne Verstärker gespielt werden. Sollte sich das in Zukunft ändern, kann entsprechend reagiert werden. In mein Konzept habe ich testweise einen **rückwärtsgewandten** Gitarrenamp **vor** dem in zweiter Reihe stehenden Rhythmus-Gitarristen (RhGit) auf der Bühne eingezeichnet.

¹⁶⁸ Vgl. Kap. 4.2.2.

¹⁶⁹ Es handelt sich um zwei Yamaha HS50M.

¹⁷⁰ Vgl. Kap. 6.1.

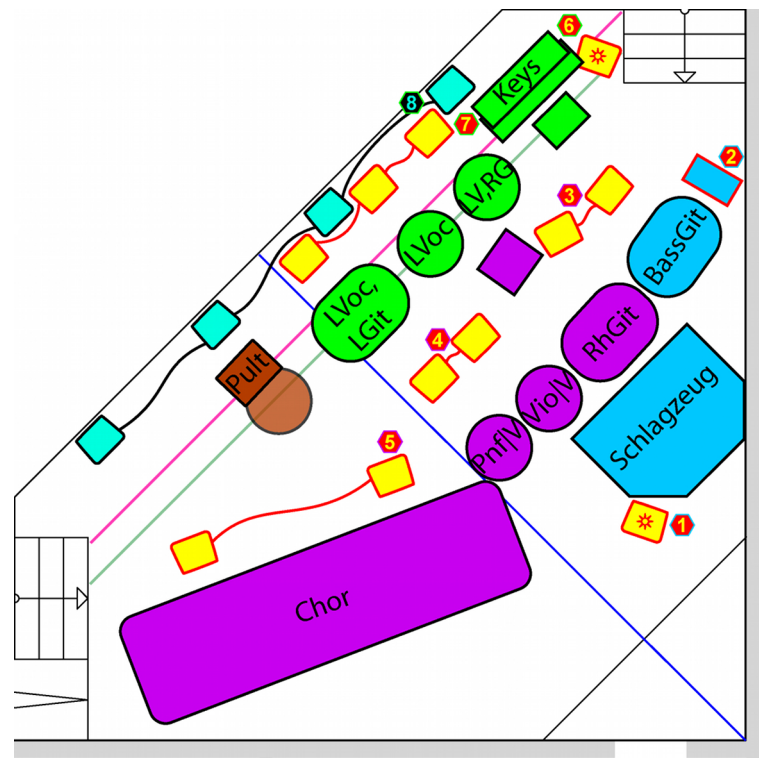


Abb. 16: Bühnenaufstellung und Monitoring.¹⁷¹

Insgesamt habe ich sieben Aux-Wege fest für das Monitoring eingeplant, dazu einen als Reserve-Monitor – z. B. als E-Gitarren-Return oder separat für einen Gitarristen – oder aber als PA-Frontfill:

- 1) Schlagzeuger (Kopfhörerverstärker oder Bühnenmonitor)
- 2) Bass-Return (für Bassgitarrenverstärker)
- 3) Bassgitarrist / Rhythmus-Gitarrist 1
- 4) Violinist / Panflötist bzw. Background-Sänger 1 / 2
- 5) Chor
- 6) Pianist (Kopfhörerverstärker oder Bühnenmonitor)
- 7) Lead-Sänger 1 / 2 / 3 / Lead-Gitarrist / Rhythmus-Gitarrist 2
- 8) Reserve-Monitor (bzw. Frontfill)

¹⁷¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

Das ist eine ganze Menge, bietet aber die Möglichkeit einer hohen Qualität. Im individuellen Livebetrieb würde man versuchen, mit weniger auszukommen, oder die Arbeit an einen Monitortechniker mit separatem Pult abgeben. Für die Festinstallation im Gemeindesaal bei bekannter Besetzung ist es aber möglich, die Monitormischungen prinzipiell zu speichern – Digitalpult vorausgesetzt – und beim Soundcheck nur leicht anzupassen. Zudem gilt das Konzept für die Maximalbesetzung, die selten zu erwarten ist. So kann beispielsweise bei den meisten Veranstaltungen der Chor-Monitor auch für Bandmusiker genutzt werden. Umgekehrt besteht freilich die Möglichkeit, mit weniger Monitoren zu arbeiten.

7 Höranlage für Gehörgeschädigte

Der AK Bau der EFG Schneeberg hat sich für die Installation einer Höranlage für gehörgeschädigte Besucher entschieden. Obwohl in vielen öffentlichen Gebäuden bisher noch darauf verzichtet wird, ist eine solche Anlage erforderlich, um die Gleichstellung von Menschen mit Handicap zu gewährleisten.

Es reicht nicht aus, die Betreffenden mit einem höheren Schalldruck zu versorgen, da Gehörschädigungen keinen linearen Frequenzgang aufweisen. Zum Beispiel wird das Gehör mit dem Alter vor allem im oberen Frequenzbereich zunehmend unempfindlicher. Es gibt jedoch verschiedene Arten und Grade von Schwerhörigkeit; unterschieden nach der Ursache beispielsweise Lärm-, psychogene und Altersschwerhörigkeit.¹⁷² Ein weiteres Merkmal von Schwerhörigkeit kann die verringerte Fähigkeit zum so genannten „Cocktail-Party-Effekt“ sein. Dieser ermöglicht dem gesunden Hörer, gewünschte Signalquellen aus dem vom Ohr empfangenen Schall herauszufiltern. Der Effekt ist bei einohrigem Hören eingeschränkt.¹⁷³

Ziel einer Schwerhörigenanlage sollte daher sein, die Betreffenden mit mehr Direktschall zu versorgen und ggf. die wichtigsten Signalquellen zu betonen. Zu diesem Zweck sehe ich eine separate Matrix-Mischung vor, die zusätzlich zum Signal der Hauptbeschallung alle Sprachquellen hervorhebt – eventuell auch den Lead-Gesang zur besseren Textverständlichkeit der Musikdarbietungen.¹⁷⁴ Da es sich bei den meisten zu erwartenden Nutzern um Menschen mit Altersschwerhörigkeit handelt, kann auch der Frequenzgang in den Höhen ein wenig angehoben werden. Das wichtigste aber ist die Versorgung selbst. Durch Kopfhörer oder Hörgeräte als Wiedergabegeräte des speziell gemischten Signals ist der Direktschall geradewegs am Ohr. Anderweitig einfallender Störschall (Besucherlärm, Hall etc.) wird dadurch unterdrückt.

¹⁷² Vgl. Dickreiter 1997: 139.

¹⁷³ Vgl. Dickreiter 1997: 137f.

¹⁷⁴ Wollte man den dem Mastersignal zugemischten elektronisch erzeugten Hall nicht mit auf die Höranlage geben, müssten statt der Matrixmischung (mit Mastersignal und hervorgehobener Sprache) alle Einzelquellen separat ausgewählt und auf einen Bus gemischt werden. Das ist hier nicht nötig, weil der Sprache kein Hall zugemischt wird. Er dient aber der Hörsamkeit der Musik.

Als nicht benachteiligende Übertragungsmethode bieten sich folgende Drahtloslösungen an:

- Frequenzmodulations-Anlagen (FM)
- Infrarot-Anlagen (IR)
- induktive Anlagen

Alle drei Prinzipien haben Vor- und Nachteile. Für den Neubau des Gemeindesaales halte ich mich an die Empfehlungen des Deutschen Schwerhörigenbundes und habe mich für eine induktive Höranlage entschieden. Der AK Bau hat diesen Vorschlag angenommen.¹⁷⁵ Folgende Vorteile waren ausschlaggebend:¹⁷⁶

- Empfang mit vielen Hörgeräten möglich:
 - keine Ausgabe (ggf. Pfand) und Annahme der Empfänger nötig
 - keine Wartung (Akkus) und Säuberung nötig
- Option der Ausgabe mobiler Empfänger für Besucher ohne (empfangsbereites) Hörgerät
- bei Neubau wenig aufwändig
- keine Frequenzzuweisung nötig (jedoch bei FM)
- freie Platzwahl innerhalb der induktiven Schleife (Sichtverbindung / Störung durch Licht bei IR)
- kostengünstigste Variante

Bei induktiven Höranlagen ist allerdings der ordnungsgemäße Einbau besonders wichtig. Viele solcher Anlagen haben in der Vergangenheit aufgrund mangelhafter Installation einen schlechten Ruf bekommen. Die Induktionsschleife muss unbedingt fachgerecht geplant werden. Dazu gehören auch das Messen eventuell vorhandener Störfelder und ein Testaufbau. Für die Verstärkung darf kein einfacher Spannungsverstärker verwendet werden. Hierfür ist ein Stromverstärker erforderlich. Bei Inbetriebnahme muss die Anlage eingemessen werden, damit sie weder als zu laut noch zu leise empfunden wird. Der verantwortliche Techniker muss die Anlage regelmäßig

¹⁷⁵ Die Entscheidung wurde durch die Einschätzung einer Gehörgeräteakustikerin aus der Praxis bestätigt.

¹⁷⁶ Vgl. Ruhe, Warum induktive Höranlagen? Muss man sie in öffentlichen Gebäuden wirklich einbauen?, 03.02.2011.

mittels eines dafür reservierten mobilen Empfängers auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüfen. Die konkrete Planung der induktiven Höranlage im Gemeindesaal übernimmt der Elektrofachplaner.

8 Audioübertragungen in die Nebenräume

Auf Basis meiner Empfehlungen hat der AK Bau beschlossen, die folgenden Nebenräume per Tonübertragung¹⁷⁷ an den Gemeindesaal anzuschließen. Um nicht nur die Bühne, sondern auch die Stimmung im Saal übertragen zu können, habe ich zwei Raummikrofone eingeplant, die von vorn direkt auf das Publikum gerichtet werden. Ich wähle dafür Richtrohre, also Mikrofone mit sehr stark ausgeprägter Richtcharakteristik, um nur das Publikum aufzunehmen, die seitlich auf die Mikrofone einfallende Beschallung aber zu unterdrücken. Die Befestigung kann an der Lichttraverse erfolgen, wenn die Mikrofone akustisch entkoppelt und deren (gut abgeschirmte) Kabel nicht parallel zu Lichtkabeln verlegt werden. Alternativ ist eine Befestigung an den Wänden denkbar.

In den Eltern-Kind-Raum sollen generell Übertragungen stattfinden; zu besonderen Anlässen und für Durchsagen¹⁷⁸ zudem in den Mehrzweckraum, das Plenum des „Regenbogenlandes“ und den Duff-Jugendbereich im Nebengebäude. Für den umgekehrten Weg sehe ich auch Rückwege vor, die jedoch nur bei Bedarf eingebunden werden sollen. Eine besondere Stellung nimmt das Foyer inklusive Cafeteria ein, dazu die Garderobe und alle WCs. Diese sollen nämlich sowohl vom Mehrzweckraum aus als auch von der Saalregie mit Hintergrundmusik versorgt werden können, wobei der Regie die Priorität einzuräumen ist. Geräte mit „Priority“-Eingang arbeiten in der Regel nur, solange ein Signal anliegt. Während Pausen wird das vorige Signal wiedergegeben. Das Prioritätsproblem löse ich, indem das MZR-Eingangssignal an der Saalregie direkt regelbar ist. Wie oben erwähnt, soll außerdem ein Bereich des Foyers zur Vergrößerung des Gemeindesaales dienen, weshalb ich diesen in die Hauptbeschallung einbinde.¹⁷⁹

Ich unterteile die Nebenräume in folgende Zonen:

- Z1: Foyer-Erweiterung bzw. Hintergrundbeschallung 1
- Z2: Hintergrundbeschallung 2:
 - Z2.1: Cafeteria und hinteres Foyer

¹⁷⁷ Teilweise wird auch eine Videoübertragung vorgesehen, beispielsweise zum MZR und in den Duff-Jugendbereich.

¹⁷⁸ Es handelt sich dabei nicht um eine Notfall-ELA. Diese ist laut Elektrofachplaner wegen anderweitig geplanter Notfallsysteme nicht erforderlich.

¹⁷⁹ Vgl. Kap. 5.3.

- Z2.2: Garderobe
 - Z2.3: WCs und deren Foyer-Vorraum
- Z3: Eltern-Kind-Raum
- Z4: Mehrzweckraum
- Z5: Plenum Regenbogenland
- Z6: Duff im Nebengebäude

An der Regie des Gemeindesaales werden daher zwei verschiedene Signale für die Nebenräume benötigt:

- LR mit Delay für Saal-Erweiterung mit geöffneter Mobiltrennwand (DSP B4¹⁸⁰)
- direktes Mithörsignal LR und Raummikros bzw. Hintergrundmusik und Durchsage (Aux vom Mischpult)

Der Aux-Mix kann dabei beliebig angepasst werden. Für die Verteilung auf die einzelnen Zonen nutze ich einen 2x6-Matrixmischer. So kann jedem der sechs Ausgänge eines der Eingangssignale oder auch beide zugemischt werden.¹⁸¹

¹⁸⁰ Vgl. Kap. 5.4.

¹⁸¹ Der regelbare Splitter Behringer MX882 erfüllt diese Anforderung und reicht für diesen Zweck aus. Die Zuweisung des jeweiligen Eingangssignals lässt sich über das Pan-Poti realisieren. Für nähere Informationen siehe Anlage 5.

9 Die Zentrale – das Mischpult der Tonregie

9.1 Signalquellen

Unter Berücksichtigung der aktuellen Situation¹⁸² und der Wünsche¹⁸³ an die tontechnische Ausstattung im zukünftigen Gemeindezentrum habe ich ein Kanalkonzept¹⁸⁴ für die maximal zu erwartende Besetzung erstellt. Darunter befinden sich

- 8 Mikrofone für Schlagzeug,
- 1 DI-Out für Bassgitarre,
- 3 Mikrofone oder 3 DI-Out für Akustik- und E-Gitarren,
- 2x2 DI-Out für elektronische Tasteninstrumente,
- 2 Mikrofone für Violine und Panflöte oder Background-Gesang,
- 3 Mikrofone für Lead-Gesang,
- 4 Mikrofone für Chor,
- 2 drahtlose Handheld-Mikrofone für Moderation,
- 1 drahtloses Headset-Mikrofon für Redner,
- 1 Schwanenhals-Mikrofon am Rednerpult,
- 2 Richtrohrmikrofone für Publikum,
- 2x2 DI-Out für Zuspielder,
- 1 externes oder integriertes Mikro für Talkback und Durchsagen.

Damit komme ich auf eine stattliche Anzahl von 36 Eingangskanälen. Allerdings lässt sich auch ein Mischpult mit üblichen 32 Mikrofonkanälen und mindestens vier zusätzlichen Line-Eingängen verwenden. Auf letztere lege ich die Zuspielder. Bei Pulten, die ein integriertes Talkback-Mikrofon besitzen, bleibt ein Kanal als Reserve frei. Sind bestimmte Quellen in einer Veranstaltung nicht vorhanden, können weitere Kanäle anderweitig benutzt werden. In vielen Fällen ist es zum Beispiel möglich und

¹⁸² Vgl. Kap. 2.3.

¹⁸³ Vgl. Kap. 2.4.

¹⁸⁴ Siehe Anlage 3.

zur Vermeidung von Monoinkompatibilität sogar ratsam, die elektronischen Tasteninstrumente nur monophon abzunehmen. Auch kann der Chor auf zwei Kanäle reduziert werden. Damit werden bereits vier Kanäle gewonnen.

Die Anzahl von nur acht Schlagzeugkanälen ist für die regelmäßigen Veranstaltungen ausreichend und soll Komplexität vermeiden. Bei Konzerten ist die Abnahme von Bassdrum und ggf. Snare mit mehreren Mikrofonen denkbar. Gleiches gilt für Gitarrenverstärker. Dafür können Reservekanäle benutzt werden. Die verwendeten akustischen Gitarren sind in der Regel mit Tonabnehmern ausgestattet. Die Abnahme über eine DI-Box bietet sich daher an. Bei E-Gitarrenverstärkern ist auch der Klang der Lautsprecherbox maßgeblich, weshalb ich hier Mikrofone bevorzuge. Anders verhält es sich bei hochwertigen Gitarrenvorstufen mit Speakersimulation. Hier kann die Bühnenlautstärke durch den Wegfall der Gitarrenbox und Verwendung einer DI-Box zur Abnahme verringert werden. Sind mehr als drei Sänger und zugleich Violine und Panflöte im Einsatz, kann für weitere Sänger auf einen Teil bzw. erwartungsgemäß gar auf alle Synthesizer- oder Chor-Kanäle zurückgegriffen werden. Bei mehr als maximal fünf Sängern würde ich die Background-Gruppe nicht mehr einzeln, sondern wie einen Chor als Einheit abnehmen. Das Kanalkonzept ist somit ausreichend.

9.2 Separate Mischungen

Auf der Basis meiner vorangegangenen Entscheidungen zu Saalbeschallung¹⁸⁵, Bühnen-Monitoring¹⁸⁶, Höranlage für Gehörgeschädigte¹⁸⁷ und Übertragung in die Nebenräume¹⁸⁸ benötige ich zwölf verschiedene Mischungen. Dazu kommen noch zwei¹⁸⁹ weitere für die gewünschte Aufnahmefunktion¹⁹⁰ und mindestens zwei für Effekt-Sends. Ich teile die Mischungen folgendermaßen auf:¹⁹¹

- 7 Busse für Bühnen-Monitoring
- 1 weiterer für Reserve-Monitor oder Frontfill
- 1 Matrix und / oder 1 Bus für die Höranlage

¹⁸⁵ Vgl. Kap. 5.4.

¹⁸⁶ Vgl. Kap. 6.3.

¹⁸⁷ Vgl. Kap. 7.

¹⁸⁸ Vgl. Kap. 8.

¹⁸⁹ Als Stereomix bzw. „Exploded Mono“-Mix. Vgl. Kap. 4.3.1 mit Kap. 5.1.

¹⁹⁰ Vgl. Kap. 2.4.

¹⁹¹ Vgl. Anlage 3.

- 1 Matrix und / oder 1 Bus für die Mithöranlage und Hintergrundbeschallung der Nebenräume
- 2 Matrizen und / oder 2 Busse für Recording
- 2 Busse für Mono-Effektwege
- 2 Mastermischungen (L und R)

Damit sind zwölf unabhängige Mono- sowie zwei „Stereo“-Mischungen und damit – bei internen Effekten – 14 Ausgänge am Mischpult erforderlich. Bei üblicherweise 16 Ausgängen¹⁹² bleiben dann zwei als Reserve. Intern sind es mit Master und Effekten jedoch 16 Mischungen.

Die Matrizen dienen dazu, das fertige Mastersignal mit beliebigen Signalquellen zu mischen. Die vier Busse, die jeweils auf eine Matrix gemischt werden, sind ausschließlich bei Mischpulten erforderlich, bei denen nur Busse auf Matrizen gemischt werden können.¹⁹³ Andernfalls stehen sie frei zur Verfügung. Es wäre auch denkbar, alle benötigten Signale post-Fader direkt auf einen Bus zu routen. Damit entfielen die Matrix. Das ist in der Konfiguration zwar einfacher; einmal eingerichtet sind aber Matrizen für die schnelle Bedienung von Vorteil, weil die Quellen nicht einzeln zugemischt, sondern das gesamte Mastersignal übernommen werden kann. Mein Kanalkonzept ermöglicht beide Arbeitsweisen.

Um die Lautstärke einer Gruppe mehrerer Eingangssignale gleichzeitig steuern zu können – zum Beispiel der Schlagzeug- oder Gesangsgruppe –, bedarf es jedoch keiner zusätzlichen Mischung, sofern das Mischpult über so genannte VCAs verfügt. Solch ein spannungsgesteuerter Verstärker beeinflusst nicht das Audiosignal, sondern die jeweils zugewiesenen Fader. Der VCA selbst wird mit einem einzigen Fader bedient. Bei digitalen Mischpulten spricht man stattdessen von DCA, weil die Steuerung der Fader nicht mit analogen Steuerspannungen, sondern digital geschieht.¹⁹⁴ Fehlt diese Option am Mischpult, werden für eine sinnvolle Bedienung weitere Sub-Gruppen erforderlich, also insgesamt mehr als die oben genannten 16 Mischungen.

¹⁹² Üblich nur bei Digitalpulten.

¹⁹³ Zum Beispiel bei dem Digitalmixer Behringer X32.

¹⁹⁴ Vgl. Pieper 2011: 164.

9.3 Signalbearbeitung

Die Signalbearbeitung geht weit über das Anpassen von Lautstärken hinaus. Zunächst einmal müssen unerwünschte Frequenzanteile herausgefiltert werden. Bei Sprache und Gesang geschieht dies zunächst mittels Hochpassfilter ab 80 oder 100 Hz.¹⁹⁵ Für weitere Anpassungen ist mindestens eine 4-Band-Klangregelung („EQ“) mit Höhen, Tiefen und zwei (!) semiparametrischen Mitten – das heißt, die Mittenfrequenz ist veränderlich – erforderlich.¹⁹⁶ Für präziseres Arbeiten empfiehlt sich ein vollparametrischer Equalizer, mit dem neben der Mittenfrequenz auch die Güte eingestellt werden kann.¹⁹⁷ Um Unzulänglichkeiten im Frequenzgang der Saalakustik oder der PA-Technik auszugleichen, benutzt man hingegen graphische Equalizer mit 31 fest definierten Frequenzbändern. In meinem Beschallungs-Konzept übernehmen die digitalen Controller diese Aufgabe.¹⁹⁸ Für das Monitoring sind ggf. 15-Band-GEQs ausreichend. Die Anpassung kann jedoch auch – umfangreiche Klangregelung der Aux-Kanäle vorausgesetzt – vom Mischpult übernommen werden.

Eine weitere wichtige Kategorie der Signalbearbeitung ist die Einflussnahme auf die Dynamik einzelner Schallquellen. Mit einem Kompressor kann beispielsweise die Pegeldifferenz zwischen hohen und niedrigen Eingangspegeln einer Signalquelle verringert werden, indem ab einem definierten Schwellwert der Ausgangspegel in einem bestimmten Verhältnis reduziert wird. Das ist beispielsweise bei Sprecher-Mikrofonen, besonders solchen, die von verschiedenen Sprechern verwendet werden, sehr hilfreich. Auch für den typisch „satten“ Klang von Bassdrum und Snare spielt der Kompressor eine entscheidende Rolle. Wird der Pegel „hart“ begrenzt, also keine höheren Werte als dem Schwellwert zugelassen, spricht man von einem Limiter, der beispielsweise zum Schutz von Lautsprechern oder des Gehörs – besonders bei IEM – verwendet werden sollte. Ein Spezialfall des Kompressors ist der De-Esser zur Unterdrückung eines zu scharf klingenden S-Lautes. Anders als Kompressoren lassen so genannte Noise Gates überhaupt erst Signale durch, wenn ein definierter Schwellwert erreicht wird, was Störgeräusche reduzieren kann. Spezielle Transienten-designer bearbeiten das Einschwingverhalten und das Ausschwingen eines Signals.

¹⁹⁵ Bei weiblicher Stimme kann man höher gehen. Vgl. Kap. 4.1.3.

¹⁹⁶ Vgl. Quinton, Klar und deutlich! Ein praktisches Handbuch für Mitglieder christlicher Gemeinden in Deutschland im 21. Jahrhundert, über Musik, Technik, Saalkonstruktion, Akustik, Multimedia und Veranstaltungen, 31.07.2013: 40.

¹⁹⁷ Vgl. Skritek 1988: 176.

¹⁹⁸ Vgl. Kap. 5.4.

Einfache Analogmischpulte bieten allerdings in der Regel keine Dynamikbearbeitung. Sie muss deshalb durch Outboard, also zusätzliche Geräte, ergänzt werden. Im derzeitigen Gemeindesaal der EFG Schneeberg fehlen solcherlei Möglichkeiten bislang vollständig.¹⁹⁹

Des Weiteren können Effekte das Klangbild aufwerten. An erster Stelle sei der künstliche Halleffekt genannt. Für die Hörsamkeit von Musik in für Sprache optimierten Räumen – wie dem Gemeindesaal – erfüllen sie eine wichtige Funktion.²⁰⁰ Darüber hinaus gibt es unzählige weitere Effekte, die meist tatsächlich nur sporadisch zu „Effekt-Zwecken“ eingesetzt werden.

9.4 Analog- oder Digitaltechnik?

Digitalpulte haben längst auch in den nicht professionellen Bereich Einzug gehalten, was nicht zuletzt der Entwicklung preisgünstigerer Modelle geschuldet ist. Früher wurde der Digitaltechnik oftmals ein „unmusikalischer Klang“ vorgeworfen, doch dank besserer Rechenleistung, höheren Abtastraten und Auflösungen sowie weiter entwickelter Software ist das inzwischen bei guten Digitalpulten kein Argument mehr.

Der Vorteil von Analogpulten liegt vor allem in dem direkten Zugriff auf alle Parameter, denn jede Einstellmöglichkeit ist tatsächlich auch physisch vorhanden. Gleichzeitig bedeutet das aber auch, dass jeder Regler einzeln bedient werden muss. Besonders bei großen Analogkonsolen kann es daher schon einmal etliche Minuten dauern, alle Regler von Hand auf „Null“ zu setzen. Ein zweiter Punkt ist der Platzbedarf, da jeder der im Gemeindesaal benötigten 36 Eingangs- und 16 Ausgangskanäle sowie zusätzliche VCAs oder Subgruppen inkl. aller Einstellmöglichkeiten wie EQs und Lautstärkeregler auch untergebracht sein wollen. Davon abgesehen, sind analoge Mischpulte mit 16 Ausgängen im Rahmen eines gesunden Preismanagements quasi nicht verfügbar. Übliche 32+4-kanalige Analogkonsolen haben sechs bis acht Aux-Wege.²⁰¹ Bei größeren Digitalpulten hingegen sind 16 Wege Standard.

¹⁹⁹ Vgl. Kap. 2.3.

²⁰⁰ Vgl. Kap. 3.2.

²⁰¹ Selbst das 40-kanalige Allen & Heath GL4800-40B (Größenordnung 11.000 Euro) geht nicht über zehn Aux-Wege hinaus.

Einer der größten Vorteile von Digitalpulten ist ihre funktionale Vielfalt. In der Regel sind neben einer erweiterten Klangregelung auch Dynamikbearbeitung und Effekte integriert, wodurch das Outboard – und damit auch der Platz – drastisch reduziert werden kann. Wählte ich anhand meines Kanalkonzeptes²⁰² nur das nötigste Outboard wie vier zweikanalige GEQs zu je 300 Euro und drei zweikanalige Kompressor-/Gate-Kombis zu je 230 Euro, müsste ich mit 1.890 Euro für Outboard zur Analogkonsole rechnen. Kämen, wie im Digitalpult ohne Weiteres möglich, noch neun weitere Kompressoren bzw. Gates sowie ein Halleffektgerät für 200 Euro dazu, erhielte ich eine stattliche Summe von 4.160 Euro – ohne Mischpult, geschweige denn erweiterter EQ-, Speicher- oder Reset-Funktionen. Mit der Verfügbarkeit von Digitalkonsolen unter 10.000 EUR ist der Digitaltechnik somit auch aus finanzieller Sicht der Vorzug zu geben. Mindestens zwei aktuell verfügbare Digitalpulte, welche die oben genannten Anforderungen erfüllen, haben sogar einen üblichen Verkaufspreis unter 4.000 Euro.²⁰³

Ein weiterer Vorteil digitaler Mischpulte stellt das Abspeichern von Einstellungen dar. So kann ich die permanente Verfügbarkeit einer jederzeit wieder herstellbaren Grundkonfiguration gewährleisten. Veranstaltungen einfacher Art, für die beispielsweise nur zwei Sprechermikrofone in Verwendung sind, können so auch ohne Tontechniker von ausgewiesenen Personen zumindest grundversorgt werden. Passwortgeschützte Funktionsgruppen sind hierfür von Vorteil.²⁰⁴

Aufgrund der benannten Vorteile von Digitalpulten und der schlechten Verfügbarkeit von Analogkonsolen mit den geforderten Spezifikationen, empfehle ich der EFG Schneeberg die Anschaffung eines Digitalpultes entsprechend oben genannter Anforderungen. Besondere Beachtung sollte dabei dem schnellen und einfachen Zugriff geschenkt werden. Ein vollständiger Kanalzug und eine große Anzahl von physischen Fadern auf einer Ebene erleichtert die Arbeit gegenüber mehrfach belegten Encodern.

²⁰² Vgl. Anlage 3.

²⁰³ Es handelt sich um das Soundcraft Si Expression 3 – dem Nachfolger des Si Compact 32 für einst rund 9.000 Euro – und das Behringer X32. Entgegen vieler Alternativgeräte bieten beide – bereits ohne Erweiterungskarten – den Vorteil von mindestens 36 (32+4) **analogen** Ein- und wenigstens 16 **analogen** Ausgängen, sodass diese ohne zweite Stagebox direkt an der Tonregie anliegen. Vgl. Harman International Industries Ltd., Soundcraft Si Expression, 02.08.2013 mit Musikhaus Thomann e. K., Soundcraft SiEx3. Digitalmixer, 02.08.2013. So auch MUSIC Group IP Ltd., DIGITAL MIXER X32, 02.08.2013 mit Musikhaus Thomann e. K., Behringer X 32. 32-Kanal 16-Bus Digitalmischpult, 02.08.2013.

²⁰⁴ Das Si Expression 3 bietet diese Möglichkeit. Auf persönliche Nachfrage versicherte mir ein Vertreter von Behringer, das solle beim X32 mit einem Firmware-Update Anfang 2014 nachgerüstet werden.

10 Zuspieltechnik und Aufzeichnung

Für das Zuspiel von Musik und anderen vorproduzierten Darbietungen verzichte ich auf zusätzliche Geräte und verlagere es auf den Präsentations-PC. Damit kann sowohl archiviertes als auch auf USB-Stick, CD oder DVD mitgebrachtes Material abgespielt werden. Auch Netzwerkverbindungen sind möglich. Der Präsentations-Rechner diente auch in der Vergangenheit bereits dem Zuspiel von Video und Ton. Als zweite Zuspielmöglichkeit dient die Verbindung zum Rednerpult. So kann der Vortragende auch selbstständig Einspielungen wiedergeben. Die Verbindung erfolgt galvanisch getrennt über DI-Boxen.

Die Aufzeichnung lagere ich ebenfalls auf den Präsentations-Rechner aus. Im alten Gemeindesaal ist dieser räumlich vom Ton-PC getrennt. Mit Zusammenfassen der Regie als Ton-, Bild- und Lichtregie verzichte ich aus Platzgründen auf einen separaten Ton-Rechner, zumal in Zukunft ein Licht-PC hinzukommen wird. Ein einfacher Zwei-Kanal-Mitschnitt bedarf keiner großen Ressourcen, sodass dieser auch während des Präsentationsbetriebes möglich ist. Aufwändigere Mehrspuraufnahmen mit zusätzlichem Interface finden der Erwartung nach zunächst nicht während des Präsentationsbetriebes statt. Sollte das in Einzelfällen doch der Fall sein, kann ein mobiler PC diese Aufgabe übernehmen.

11 Signalübermittlung und Stromversorgung

11.1 Vorgaben für die Elektrofachplanung

Der AK Bau hat mich berechtigt, die Vorgaben für die Elektrofachplanung direkt mit dem Fachplaner abzusprechen. Er übernimmt die Planung anhand meines Tonkonzeptes. Somit werden auch die erforderlichen Sicherheitsstandards gewährt. Ausgewählte Punkte will ich im Folgenden besonders hervorheben.

Voraussetzung Nummer eins zum Betrieb tontechnischer Anlagen ist die strikte Trennung von Ton und Beleuchtung. Das hat den Hintergrund der Beeinflussung der Spannungsversorgung – besonders durch dimmbare Beleuchtung. Das Tonnetz bekommt daher eine selbstständige Phase des Drehstromnetzes zugewiesen. Zur Tontechnik ist in diesem Zusammenhang auch die Videotechnik zu zählen. Ton- bzw. Videosteckdosen müssen kenntlich gemacht werden und dürfen nicht an leicht für Fremdnutzung zugänglichen Stellen angebracht sein.

Um Störungen durch elektrische Felder auf die Audiokabel zu minimieren, ist eine symmetrische Leitungsführung zu wählen. Das betrifft alle Kabel mit Mikrofon- oder Line-Signal, da die Spannungen hier verhältnismäßig gering sind und Einstreuungen rasch zu hörbaren Beeinträchtigungen führen können.

Die Kabelführung selbst soll so gestaltet werden, dass jederzeit mit vertretbarem Aufwand Kabel ausgetauscht oder hinzugefügt werden können. Dazu bieten sich beispielsweise zugängliche Kabelkanäle in der Rückwand der Regie, über das Dach und eine der Bühnenseitenwände – ggf. durch eine vorgeblendete Trockenbauwand realisiert – an. Auf keinen Fall sollten die Kabel fest in Wänden verlegt und verputzt werden. Ein Leerrohr im Boden ist aufgrund der Fußbodenheizung ungünstig; klappbare Kabelkanäle im Randbereich sehr teuer. Für die Anbindung des Nebengebäudes soll ein Leerrohr zwischen beiden Gebäuden vorbereitet werden.

Bei der Stromversorgung sind träge Sicherungen von Vorteil, die bei kurzen Spannungsspitzen nicht gleich die ganze Anlage abschalten. Außerdem sollten die Rechner nicht im selben Kreis mit Teilen der Beschallungsanlage oder Instrumenten abgesichert sein. Das schützt sie vor Schäden durch unerwartete Unterbrechung der Stromversorgung. Auch die aktiven Lautsprecherboxen der Beschallungsanlage sollten jeweils eine separate Sicherung bekommen. Fällt eine aus, können die anderen weiter betrieben werden. Zudem dienen die Sicherungen als Schalter. Sie sollen deshalb an der Regie untergebracht sein. Für das Ein- und Ausschalten ist nämlich unbedingt die Reihenfolge zu beachten, um Beschädigungen der nachfolgenden Geräte, besonders

aber der Lautsprecher, zu vermeiden. Beim Einschalten geht man mit dem Signalfluss, beim Ausschalten in umgekehrter Reihenfolge. Dies könnte man auch durch zeitverzögerte Relais automatisieren. Allerdings fallen sie laut Aussage des Elektrofachplaners nach etwa zehn Jahren verschleißbedingt aus – wann sie tatsächlich ausfallen und ob sie die Stromversorgung in diesem Moment abrupt ausschalten oder eingeschaltet lassen, ist nicht zu sagen und stellt ein unnötiges Sicherheitsrisiko dar. Zudem summieren sich auch da die Kosten. Ich bevorzuge deshalb die manuelle Bedienung. Das fördert zudem das Bewusstsein des Bedienenden.

11.2 Das Multicore

11.2.1 Dimensionen

Nur 28 der 36 Eingangssignale²⁰⁵ kommen von der Bühne: Die Empfänger der drei Funkstrecken platziere ich – möglichst hoch – direkt bei der Regie. So decken die Antennen den Publikumsbereich ab und von der Empfangs- und Batteriestatusanzeige kann Gebrauch gemacht werden.²⁰⁶ Des Weiteren sollen die Kabel der beiden Raummikrofone über die Decke direkt zur Tonregie geführt werden und der Stereo-Zuspieler 2 befindet sich ebenso an der Regie. Dennoch plane ich 36 Signalwege, die von der Bühne kommen. Grund dafür ist die flexible Verkabelung. Statt der acht benötigten Rückwege sollen zehn verlegt werden.

11.2.2 Digital oder analog?

Im Zusammenhang mit digitalen Mischpulten stellt sich auch die Frage nach der digitalen Übertragung von und auf die Bühne. Die analogen Signale werden direkt auf der Bühne vorverstärkt sowie digital gewandelt und können ohne erneute Wandlung direkt im Pult verarbeitet werden. Für den Live-Betrieb liegt der Vorteil eines digitalen Multicores in erster Linie beim Gewicht. Es muss nicht mehr jedes Signal über ein separates Kabel bzw. eine Ader im Multicore übertragen werden. Ein einziges Kabel reicht aus.²⁰⁷ Für Festinstallationen wie im Gemeindesaal spielt das keine Rolle. Ein

²⁰⁵ Vgl. Kap. 9.1.

²⁰⁶ Sollte sich der Empfang entgegen der Erwartung als problematisch erweisen, kann das Funkrack auf der Bühne platziert werden. Dort werden dann drei Signalwege zur Regie benötigt.

²⁰⁷ Bei professionellen Anwendungen sollte noch eine Redundanz dazukommen.

zweiter Vorteil ist die erhöhte Unempfindlichkeit gegenüber Einstreuungen. Diese wirken sich nicht mehr direkt auf das Audiosignal aus, da es codiert übertragen wird. Dies ist tatsächlich eine Verbesserung, mit einer korrekten Elektrofachplanung jedoch nicht entscheidend.

Im Gemeindesaal kommen die Eingangssignale von verschiedenen Orten – hauptsächlich von der Bühne und der Regie, wobei die digitale Leitungsführung nur von und zur Bühne Sinn machen würde. Dort müssen die Signale aber wiederum unterverteilt werden. Die Kabelwege bis zur digitalen Stagebox sind jedoch noch immer analog und erfahrungsgemäß ist dort die Achtsamkeit auf einstreumindernde Kabelführung am geringsten. Ein digitales Leitungsnetz erachte ich deshalb im Gemeindesaal nicht als sinnvoll, zumal – trotz erheblichen Materialbedarfs bei analoger Leitungsführung – auch mit höheren Kosten zu rechnen ist. Das liegt in erster Linie an den auf die Bühne verlagerten A/D-Wandlern samt Vorverstärkern. Die CAT-Kabel, wie sie für die Übertragung verschiedenster Audio-Protokolle inzwischen üblich sind, sind finanziell der kleinere Posten. Ich sehe daher dennoch – zusätzlich zum analogen Leitungsnetz – vier CAT7-Kabel zwischen Regie und Bühne vor – drei zur Hauptverteilung und eines zum Rednerpult. So können bei Bedarf weitere Übertragungen ergänzt werden. Auch Fernsteuerungen des digitalen Regiepultes wie beispielsweise für die selbstständige Bedienung des möglichen IEM durch Musiker ohne separates Monitoring-Pult werden so ermöglicht. Nicht zuletzt können darüber auch Computernetzwerke wie zur Anbindung an das Internet realisiert werden.

11.3 Bühnenverkabelung

Die Bühnensignale führe ich hinter dem Vorhang zentral zusammen. Für beliebige Quellen²⁰⁸ kann dort bei Bedarf je ein Signalsplitter für IEM nachgerüstet werden.²⁰⁹ Für die Unterverteilung der analogen Stagebox wähle ich fünf kleinere analoge Multicores, so genannte Subsnakes:

- A – hinten links: 10 Ein- / 2 Ausgänge
- B – Mitte (linke Bühnenhälfte): 8 Ein- / 3 Ausgänge
- C – vorn links: 10 Ein- / 4 Ausgänge

²⁰⁸ Das wird nur ein Teil aller Quellen, kaum mehr als 16, sein. Die Installation von 28 oder 36 Splittern statt einer Stagebox lohnt sich daher nicht.

²⁰⁹ Vgl. Kap. 6.3.

- D – vorn rechts: 4 Ein- / 2 Ausgänge
- E – hinten rechts: 4 Eingänge

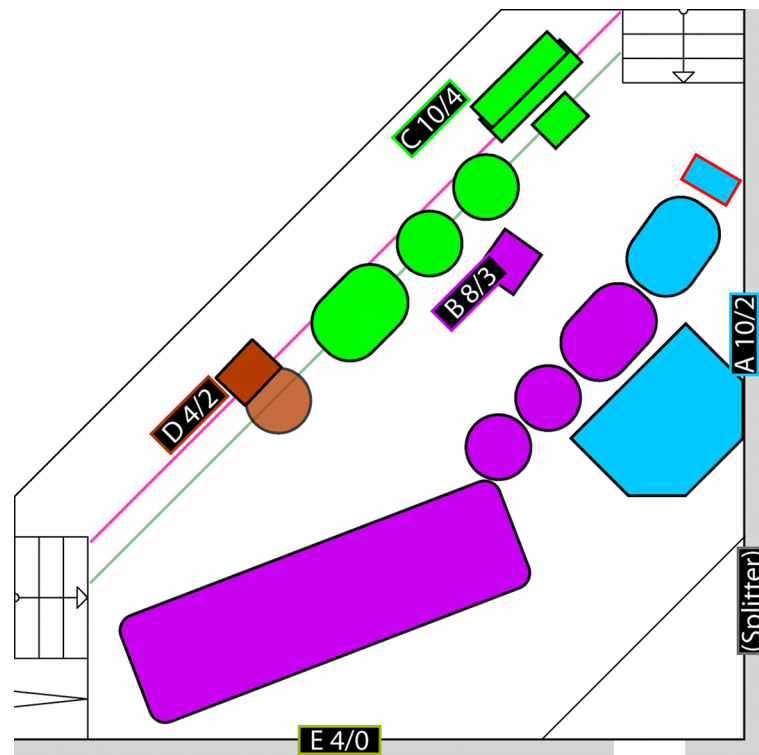


Abb. 17: Bühnenunterverteilung A bis E, sowie Zentralpunkt mit nachrüstbarem Splitter.²¹⁰

Damit werden die Kabel der einzelnen Signalquellen gebündelt, ohne über die ganze Bühne gezogen zu werden. Es ist aufgeräumter, Stolperquellen werden vermieden und weniger Kabel müssen abgeklebt werden. Da Multicores in diesen speziellen Konfigurationen nicht erhältlich sind, sollten sie selbst gebaut werden. Als Sub-Stagebox kann ein Leergehäuse dienen. Es ist aber ebenso möglich, die entsprechenden Kabel einfach mittels Kabelbinder zu kombinieren und die Enden zu beschriften, denn die Subsnakes sollen in der Bühne verlegt werden. An die Endpunkte kommen Klappen mit Kabeldurchführung, die auch im geschlossenen Zustand ausreichend Kabel hindurchlassen. Käuflich erwerbliche Bodentanks sind meist teuer und zu klein. Es empfiehlt sich daher die Anfertigung durch einen Tischler direkt in der Bühne. Auch diese soll so gestaltet werden, dass Kabel nachträglich verlegt und die Subsnakes bei

²¹⁰ Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!], 06.08.2013.

Bedarf umgesetzt werden können, zum Beispiel bei Veranstaltungen mit anderer Bühnenaufteilung. Dafür wird die Bühne in mehreren Reihen mit Hohlräumen versehen und es werden mehr Bodenklappen als Subsnares eingebaut.²¹¹ Ein Vorteil dieser Eigenanfertigung ist auch, dass DI-Boxen oder Anschlusskabel am Rednerpult einfach im Bühnenboden belassen werden können.

11.4 Patchbays

Patchbays dienen der Flexibilität, aber auch der Übersichtlichkeit. Die Regie steht mit der Bühne auf 36/10 Wegen in Verbindung. Voraussichtlich werden aber nur 28/8 gleichzeitig genutzt. Zwar wäre die Auswahl bereits am Bühnenzentralpunkt möglich, doch ginge die Übersicht schnell verloren, denn an der Regie zurück ist die aktuelle Belegung an der Stagebox hinter dem Vorhang schnell vergessen. Dort sollen also prinzipiell die Subsnares fest verkabelt werden. Jeglicher Ein- und Ausgang der Subsnares trägt eine eindeutige Bezeichnung, so zum Beispiel „B1“ für den ersten Eingang der Subsnare B oder „Cx2“²¹² für den zweiten Aux-Ausgang der Subsnare C. Diese Bezeichnungen finden sich an einer Patchbay der Tonregie wieder. Ich verkabele diese so, dass standardmäßig die Signale entsprechend des Kanalplans am Mischpult anliegen.²¹³ Nur wenn davon abgewichen werden soll – beispielsweise bei Verwendung eines Reserve-Kanals – wird der Durchgang der Patchbay mit einem Kabel aufgetrennt und der Eingang auf einen anderen Ausgang umgeleitet. Aus Platz- und Kostengründen bieten sich für dieses Prinzip Patchbays mit symmetrischen Klinkenbuchsen an. Alle weiteren Ein- und Ausgangssignale wie Zuspieler, Raummikros und die Verbindungen zu den Nebenräumen liegen ebenfalls an einer Patchbay an.

²¹¹ Genauer wird in der Ausführungsplanung mit dem Architekten besprochen.

²¹² Das „X“ steht für „Aux“.

²¹³ Vgl. Anlage 4.

12 Fazit

Mit der vorliegenden Arbeit habe ich Konzepte und Empfehlungen für die einzelnen Bereiche der tontechnischen Anlage im Saal des zukünftigen Gemeindezentrums der EFG Schneeberg erarbeitet, indem ich die gesetzten Anforderungen und Grenzen in meine Überlegungen einbezogen habe. Insbesondere bin ich dabei auf die Beschallungstechnik eingegangen und habe Vorschläge für die konkrete Umsetzung entworfen. Indes habe ich wiederkehrend aufgezeigt, dass eine Beschallung in der Praxis immer kompromissbehaftet ist. Es ist daher entscheidend, bei der Planung Prioritäten festzulegen. Für meine Konzeption habe ich dies anhand der Vorgaben sowie der Erwartungen an zukünftige Veranstaltungen im neuen Gemeindesaal getan. Damit dient die vorliegende Arbeit der EFG Schneeberg als Grundlage zur konkreten Auswahl der benötigten tontechnischen Ausstattung. Deren an die Bedürfnisse der Gemeinde angepassten Anforderungen habe ich benannt.

Selbstverständlich lassen sich die in dieser Arbeit vorgestellten Überlegungen auch auf andere Tonkonzepte übertragen, insbesondere auf Festinstallationen in anderen Veranstaltungsräumen. Dabei müssen die Entscheidungen freilich an die jeweils vorliegenden Bedingungen angepasst werden. So ist es erforderlich, individuelle Prioritäten zu setzen und die notwendigen Kompromisse neu abzuwägen. Selbstredend müssen die so erzielten Ergebnisse danach von denen meiner Konzeption für die EFG Schneeberg abweichen. Die Gültigkeit der in dieser Arbeit erörterten Überlegungen bleibt dabei bestehen.

Literaturverzeichnis

Fachbücher

DICKREITER, Michael: Handbuch der Tonstudioteknik. Raumakustik, Schallquellen, Schallwahrnehmung, Schallwandler, Beschallungstechnik, Aufnahmetechnik, Klanggestaltung. 6. Aufl., München 1997 (Bd. 1).

DICKREITER, Michael: Mikrofonaufnahme. Aufnahmeräume – Instrumente – Mikrofone – Stereo- & Surroundaufnahme. 4. Aufl., Stuttgart 2011.

HECKL, Manfred; MÜLLER, Helmut A. (Hrsg.): Taschenbuch der Technischen Akustik. 2. Aufl., Berlin u. a. 1994.

HENLE, Hubert: Das Tonstudio Handbuch. Praktische Einführung in die professionelle Aufnahmetechnik. 5. Aufl., München 2001 (Factfinder-Serie).

PIEPER, Frank: Das P.A. Handbuch. Praktische Einführung in die professionelle Beschallungstechnik. 4. Aufl., München 2011 (Factfinder-Serie).

SCHMIDT, Helmut: Schalltechnisches Taschenbuch. Schwingungskompandium. 5. Aufl., Düsseldorf 1996.

SKRITEK, Paul: Handbuch der Audio-Schaltungstechnik. Berechnungsmethoden, Meßverfahren, Schaltungsentwicklung, digitale Tonverarbeitung. München u. a. 1988.

VEIT, Ivar: Technische Akustik. Grundlagen der physikalischen, physiologischen und Elektroakustik. 4. Aufl., Würzburg 1988 (Kamprath-Reihe).

VEIT, Ivar: Bauakustik. Schallschutz im Hochbau. Renningen-Malmsheim 1998 (Kontakt & Studium, Bd. 569).

VÖLZ, Horst: Kleines Lexikon Audio- und Videotechnik. Berlin 1996 (Praxisreihe Radio, Fernsehen, Elektronik).

Hochschulschriften

HAUCK, Thomas: Simulation und Optimierung von Arrays aus Tieftonlautsprechern. Mannheim: Berufsakademie Baden-Württemberg, Diplomarbeit, 2007.

Internetquellen

DUFFF YOUTH MINISTRY (o. D.): Duff youth ministry. In: Facebook.com. URL: <http://www.duff.de> [Stand: 23.07.2013].

EVANGELISCH-FREIKIRCHLICHE GEMEINDE SCHNEEBERG K. D. Ö. R. (o. D.): EFG ist die Abkürzung für..... In: EFG-Schneeberg.de. URL: <http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=395> [Stand: 18.07.2013].

EVANGELISCH-FREIKIRCHLICHE GEMEINDE SCHNEEBERG K. D. Ö. R. (o. D.): Ein „Plus“ für Schneeberg. In: EFG-Schneeberg.de. URL: <http://www.plus-schneeberg.de> [Stand: 18.07.2013].

GEORGI, Thomas (13.07.2013): Protokoll zur Gemeindestunde der EFG Schneeberg K. d. ö. R. am 07.07.2013. In: EFG-Schneeberg.de. URL: [http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1\[action\]=get_attachment&tx_mmforum_pi1\[attachment\]=442](http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1[action]=get_attachment&tx_mmforum_pi1[attachment]=442) [Stand: 18.07.2013] – zugangsbeschränkte Quelle im Besitz des Autors, einzusehen bei der EFG Schneeberg.

HARMAN INTERNATIONAL INDUSTRIES LTD. (o. D.): Soundcraft Si Expression. In: Soundcraft.com. URL: <http://www.soundcraft.com/products/product.aspx?pid=191> [Stand 02.08.2013].

HOLTMEYER, Volker (03.03.2006): Line Arrays – The Hype Goes On. In: VolkerHoltmeyer.de. URL: <http://www.volkerholtmeyer.de/publikationen/Line-Arrays%20-%20The%20Hype%20Goes%20On.pdf> [Stand: 28.06.2013].

MUSIC GROUP IP LTD. (o. D.): DIGITAL MIXER X32. In: Behringer.com. URL: <http://www.behringer.com/EN/Products/X32.aspx> [Stand: 02.08.2013].

MUSIKHAUS THOMANN E. K. (August 2012): Behringer X 32. 32-Kanal 16-Bus Digitalmischpult. In: Thomann.de. URL: http://www.thomann.de/de/behringer_x_32.htm [Stand: 02.08.2013].

MUSIKHAUS THOMANN E. K. (März 2013): Soundcraft SiEx3. Digitalmixer. In: Thomann.de. URL: http://www.thomann.de/de/soundcraft_siex3.htm [Stand: 02.08.2013].

QUINTON, Neil A. (31.01.2012): Klar und deutlich! Ein praktisches Handbuch für Mitglieder christlicher Gemeinden in Deutschland im 21. Jahrhundert, über Musik, Technik, Saalkonstruktion, Akustik, Multimedia und Veranstaltungen. In: What-sUpMP.com. URL:

http://www.whatsupmp.com/Downloads_files/Klar%26Deutlich1.04v.pdf [Stand: 31.07.2013].

RUHE, Carsten (24.10.2010): Warum indukTive Höranlagen? Muss man sie in öffentlichen Gebäuden wirklich einbauen? In: TaubertUndRuhe.de. URL:

http://www.taubertundruhe.de/fileadmin/taubertundruhe/images/images_content/downloads/2010-10-24_Warum_IndukTive_Hoeranlagen_.pdf [Stand: 03.02.2011].

SENGPIEL, Eberhard (01.06.2013): Lautsprecher-Wirkungsgrad im Vergleich zum Kennschalldruckpegel. In: SengpielAudio.com. URL:

<http://www.sengpielaudio.com/Rechner-wirkungsgrad.htm> [Stand: 23.07.2013].

STADTVERWALTUNG SCHNEEBERG (10.04.2013): Glück Aufl. In: Schneeberg.de. URL:

<http://schneeberg.de/html/bergstadt.html> [Stand: 18.07.2013].

Rechtsverordnungen und Normen

DIN 15905, Veranstaltungstechnik – Tontechnik – Teil 5: Maßnahmen zum Vermeiden einer Hörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik. November 2007.

SÄCHSVSTÄTTVO (2004), Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums des Innern über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Sächsische Versammlungsstättenverordnung) v. 07.09.2004, i. d. F. v. 02.03.2012, SächsGVBl. Nr. 12/2004, S. 443.

TA LÄRM (1998), Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) v. 26.08.1998, GMBI. Nr. 26/1998, S. 503.

Abbildungsnachweise

Das in dieser Arbeit verwendete Bildmaterial von Andreas Stimpel (Bauprojektierung Glück-Auf GmbH) – dem den Bau des Gemeindezentrums der EFG Schneeberg betreuenden Architekten – wurde dem AK Bau persönlich übergeben und ist bislang nur durch Aushang veröffentlicht. Die Genehmigung zur Weiterverwendung liegt vor.

Abb. 3: Stimpel, Andreas (25.05.2013): 130525 Ansicht Nord Fenster. In: EFG Schneeberg.de. URL: [http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1\[action\]=get_attachment&tx_mmforum_pi1\[attachment\]=404](http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1[action]=get_attachment&tx_mmforum_pi1[attachment]=404) [Stand: 05.08.2013] – zugangsbeschränkte Quelle im Besitz des Autors, einzusehen bei der EFG Schneeberg.

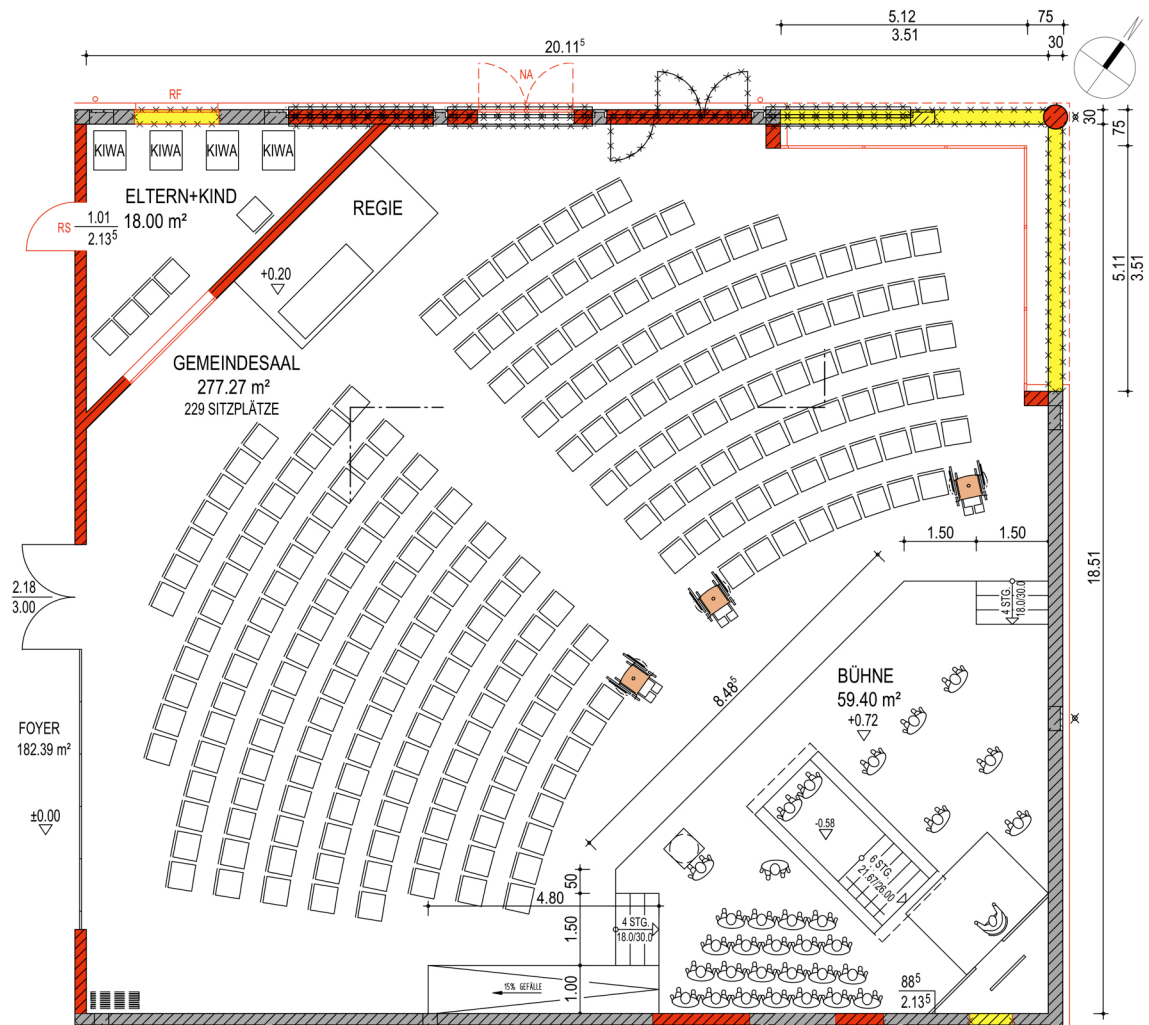
Abb. 4: Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Andreas (07.03.2013): Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!]: EFG-Schneeberg.de. URL: [http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1\[action\]=get_attachment&tx_mmforum_pi1\[attachment\]=289](http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1[action]=get_attachment&tx_mmforum_pi1[attachment]=289) [Stand: 06.08.2013] – zugangsbeschränkte Quelle im Besitz des Autors, einzusehen bei der EFG Schneeberg.

Abb. 5: Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Andreas (28.02.2013): Innenansicht ins Foyer bestuhlt links hellere Beleuchtung. In: EFG-Schneeberg.de. URL: [http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1\[action\]=get_attachment&tx_mmforum_pi1\[attachment\]=215](http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1[action]=get_attachment&tx_mmforum_pi1[attachment]=215) [Stand: 06.08.2013] – zugangsbeschränkte Quelle im Besitz des Autors, einzusehen bei der EFG Schneeberg.

Abb. 9-12 sowie 14-17: Eigene Darstellungen in Anlehnung an Stimpel, Andreas (07.03.2013): Grundriss Variante 5 Eckbühne mit Foyer mit Maße [!]: EFG-Schneeberg.de. URL: [http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1\[action\]=get_attachment&tx_mmforum_pi1\[attachment\]=289](http://www.efg-schneeberg.de/index.php?id=431&tx_mmforum_pi1[action]=get_attachment&tx_mmforum_pi1[attachment]=289) [Stand: 06.08.2012] – zugangsbeschränkte Quelle im Besitz des Autors, einzusehen bei der EFG Schneeberg.

Anlagen

Anlage 1: Gemeindesaal, 1. Tektur vom 10. Juni 2013	XXII
Anlage 2: Vor- und Nachteile der beiden Eckbühnenformen.....	XXIII
Anlage 3: Kanalkonzept Soundcraft Si Expression 3 bzw. Behringer X32	XXV
Anlage 4: Patchbay mit Standardverkabelung Bühne / Mischpult	XXVIII
Anlage 5: Tonverteilungskonzept Nebenräume.....	XXIX

Anlage 1: Gemeindesaal, 1. Tektur vom 10. Juni 2013

Eigene Darstellung in Anlehnung an Stimpel, Andreas (10.06.2013): Grundriss 1.Tektur. Persönliche Übergabe an den AK Bau der EFG Schneeberg durch Stimpel / Bauprojektierung Glück-Auf GmbH, Schneeberg 2013.

Anlage 2: Vor- und Nachteile der beiden Eckbühnenformen

Vorteile	Viertelkreis-Bühne mit Vorbau	Fünf-Seiten-Bühne mit langer Front
Größe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ prinzipiell ausreichende Grundfläche 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ prinzipiell ausreichende Grundfläche ▪ geringfügig größere Fläche
Geometrie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ breitere Treppenaufgänge ▪ Vorbau für Prediger oder (nur bei mittlerer Aufstellung) für Dirigent nutzbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ausreichende Treppenaufgänge ▪ wesentlich breitere Bühnenvorderkante ▪ Akteure näher am Publikum ▪ breitere Aufstellung ohne Flächenverlust möglich
Optik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundriss inkl. Treppen der Bestuhlung angepasst 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundriss der Raumform angepasst (Saal-Rückwand und Bühnenvorhang) ▪ vorderseitig ununterbrochene Optik der Bühnenkante
Erweiterung		<ul style="list-style-type: none"> ▪ einfache seitliche oder frontale Erweiterung mit Standard-Bühnenelementen möglich

Nachteile	Viertelkreis-Bühne mit Vorbau	Fünf-Seiten-Bühne mit langer Front
Geometrie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ größere Entfernung der Akteure zum Publikum, außer auf Vorbau ▪ selbst bei nur teilweiser Nutzung schlecht für breitere Aufstellungen nutzbar (Band, Konzert, Theater) ▪ Akteure drehen sich (a) voneinander weg oder rücken (b) noch weiter zurück (Flächenverlust) ▪ Stolpergefahr durch zerteilte Bühnenfläche 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ im Mittelbereich wenig größere Entfernung der Akteure zum Publikum
Optik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundriss ohne Treppen nicht der Bestuhlung angepasst ▪ durch Vorbau zerteilte Optik der Bühnenfront 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bühnenvorderkante nicht der Bestuhlung angepasst
Erweiterung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ jegliche Erweiterung ausschließlich mit Sonderelementen möglich (verschiedenste Bühnenelemente mit Rundungen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ vollständige Erweiterung nur mit 45°-Sonderelementen möglich
Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fertigung der Rundung handwerklich etwas aufwendiger (teurer) 	

Anlage 3: Kanalkonzept Soundcraft Si Expression 3 bzw. Behringer X32

Bühne	Eingang	Kanal	Name	Quelle	Inserts: obligatorisch	wichtig	optional	Effekte
A1	Local In 1	Ch 1	Bassdrum	dynamisches Mikrofon od. Grenzf.	Kompressor	Noise Gate	Transienten-Designer	Hall
A2	Local In 2	Ch 2	Snare	dynamisches Mikrofon	Kompressor	Noise Gate	Transienten-Designer	Hall
A3	Local In 3	Ch 3	Tom A / TT-H	dynamisches Mikrofon		Noise Gate, Kompressor		Hall
A4	Local In 4	Ch 4	Tom B / TT-M	dynamisches Mikrofon		Noise Gate, Kompressor		Hall
A5	Local In 5	Ch 5	Tom C / Stand-Tom	dynamisches Mikrofon		Noise Gate, Kompressor		Hall
A6	Local In 6	Ch 6	Hi-Hat	Kondensator-Mikrofon		Noise Gate, Kompressor	Noise Gate, Kompressor	Hall
A7	Local In 7	Ch 7	Overhead L / Ride	Kondensator-Mikrofon		Noise Gate, Kompressor	Noise Gate, Kompressor	Hall
A8	Local In 8	Ch 8	Overhead R / <i>Reserve</i>	Kondensator-Mikrofon		Noise Gate, Kompressor	Noise Gate, Kompressor	Hall
A9	Local In 9	Ch 9	Bassgitarre	DI-Out		Noise Gate, Kompressor	Kompressor	Hall
B1	Local In 10	Ch 10	Rhythmus-Gitarre (A/E) 1	DI bzw. dyn. od. Kondensator-Mikro		Noise Gate	Kompressor	Hall
C5	Local In 11	Ch 11	Rhythmus-Gitarre (A/E) 2	DI bzw. dyn. od. Kondensator-Mikro		Noise Gate	Kompressor	Hall
C6	Local In 12	Ch 12	Lead-Gitarre (A/E)	DI bzw. dyn. od. Kondensator-Mikro		Noise Gate	Kompressor	Hall
C1	Local In 13	Ch 13	Stage-Piano L	DI-Out				Hall
C2	Local In 14	Ch 14	Stage-Piano R	DI-Out				Hall
C3	Local In 15	Ch 15	Synthesizer L / <i>Reserve</i>	DI-Out				ggf. Hall
C4	Local In 16	Ch 16	Synthesizer R / <i>Reserve</i>	DI-Out				ggf. Hall
B2	Local In 17	Ch 17	Violine / BG-Gesang 1	Kondensator- / dynamisches Mikrofon		Kompressor	Noise Gate, De-Esser	Hall
B3	Local In 18	Ch 18	Panflöte / BG-Vocals 2	Kondensator- / dynamisches Mikrofon		Kompressor	Noise Gate, De-Esser	Hall
C7	Local In 19	Ch 19	Lead-Gesang 1	dynamisches od. Kondensator-Mikro		Kompressor, De-Esser	Noise Gate	Hall
C8	Local In 20	Ch 20	Lead-Gesang 2	dynamisches od. Kondensator-Mikro		Kompressor, De-Esser	Noise Gate	Hall
C9	Local In 21	Ch 21	Lead-Gesang 3	dynamisches od. Kondensator-Mikro		Kompressor, De-Esser	Noise Gate	Hall
B4	Local In 22	Ch 22	Chor-Sopran / Chor L	Kondensator-Mikrofon		Kompressor	Noise Gate	Hall
B5	Local In 23	Ch 23	Chor-Alt / Chor R	Kondensator-Mikrofon		Kompressor	Noise Gate	Hall
B6	Local In 24	Ch 24	Chor-Tenor / <i>Reserve</i>	Kondensator-Mikrofon		Kompressor	Noise Gate	Hall
B7	Local In 25	Ch 25	Chor-Bass / <i>Reserve</i>	Kondensator-Mikrofon		Kompressor	Noise Gate	Hall
(Regie)	Local In 26	Ch 26	Moderator 1	Funk-Handheld	Kompressor	De-Esser		
(Regie)	Local In 27	Ch 27	Moderator 2	Funk-Handheld	Kompressor	De-Esser		
(Regie)	Local In 28	Ch 28	Redner-Headset	Funk-Headset	Kompressor	Noise Gate, De-Esser		
D1	Local In 29	Ch 29	Rednerpult	Schwanenhals-Kondensator-Mikro	Kompressor	Noise Gate, De-Esser		
(direkt)	Local In 30	Ch 30	<i>Reserve</i> / <i>Talk-Back A</i>					
(direkt)	Local In 31	Ch 31	Raum-Mikro L: Publikum	Kondensator-Richtrohr-Mikrofon		Kompressor		
(Regie)	Local In 32	Ch 32	Raum-Mikro R: Publikum	Kondensator-Richtrohr-Mikrofon		Kompressor		
D2	Aux In 1	Aux In 1	Zuspieler 1 L: Video- / Audio-PC	DI-Out (od. via Card In)				
D3	Aux In 2	Aux In 2	Zuspieler 1 R: Video- / Audio-PC	DI-Out (od. via Card In)				
	Aux In 3	Aux In 3	Zuspieler 2 L: Rednerpult-PC	DI-Out				
	Aux In 4	Aux In 4	Zuspieler 2 R: Rednerpult-PC	DI-Out				
	Aux In 5	Aux In 5	<i>Reserve</i> (od. <i>Chorus-Return 1</i>)					
	Aux In 6	Aux In 6	<i>Reserve</i> (od. <i>Effects-Return 2</i>)					
	USB L	Aux In 7	USB-Wave-Player L					
	USB R	Aux In 8	USB-Wave-Player R					
TB	TB A	TB A	Talk-Back A: Bühne					
TB	TB B	TB B	Talk-Back B: Mithören (Ruffunktion)					

Bühne	Ausgang	Mix			Bsp. Outboard für Analogtechnik [EUR]
Ax1	An. Out 1	Bus 1: pre	Schlagzeug	→ KH-Amp oder Bühnenmonitor	DBX 1231
Ax2	An. Out 2	Bus 2: pre	Bass-Return	→ Bass-Amp	
Bx1	An. Out 3	Bus 3: pre	Bass, Rh-Git 1	→ Bühnenmonitor(e)	DBX 1231
Bx2	An. Out 4	Bus 4: pre	Violine, Panflöte / BG-Gesang 1, 2	→ Bühnenmonitor(e)	AAA
Bx3	An. Out 5	Bus 5: pre	Chor	→ Bühnenmonitor(e)	DBX 1231
Cx1	An. Out 6	Bus 6: pre	Keys	→ KH-Amp oder Bühnenmonitor	AAA
Cx2	An. Out 7	Bus 7: pre	Lead-Gesang 1, 2, 3 / Lead-Git, Rh-Git 2	→ Bühnenmonitor(e)	AAA
Cx3	An. Out 8	Bus 8 / (LR) pre / (post)	Reserve-Monitor / (Frontfill) ← ... / (Main-LR)	→ Bühnenmonitor(e)	DBX 1231
	An. Out 9	Matrix 1 (od. Bus 9)	Höranlage (Mono) ← L, R, Bus 9 (Sprache, ggf. Lead-Gesang)	→ Stromverstärker Induktionsschleife	AAA
	An. Out 10	Matrix 2 (od. Bus 10)	Mithören direkt (Mono) ← L, R, Bus 10 (Raum L, Raum R)	→ Matrixmischer: Main In R	
	An. Out 11 (od. Card Out: Reserve)	Matrix 3 (od. Bus 11) (od. Bus 11-L)	Recording L (od. via Card Out) ← z. B. L, Bus 11 (Raum L) (oder aber ein spezieller Mix)	→ Video- / Audio-PC	DBX 166 XS
	An. Out 12 (od. Card Out: Reserve)	Matrix 4 (od. Bus 12) (od. Bus 11-R)	Recording R (od. via Card Out) ← z. B. R, Bus 12 (Raum R) (oder aber ein spezieller Mix)	→ Video- / Audio-PC	DBX 166 XS
	An. Out 13	-	Reserve (od. Effekt-Send 1)		
	An. Out 14	-	Reserve (od. Effekt-Send 2)		
	An. Out 15 (od. AES/EBU)	Main L	Main-PAL	→ Controller	DBX 166 XS
	An. Out 16 (od. AES/EBU)	Main R	Main-PA R	→ Controller	Lexicon MX200
	Aux Out 1	-	Reserve		
	Aux Out 2	-	Reserve		
	Aux Out 3	-	Reserve		
	Aux Out 4	-	Reserve		
	Aux Out 5	-	Reserve		
	Aux Out 6	-	Reserve		
				weitere 9x2 Kompr. / Gate Effektgerät (Hall)	230 230 230
					1890
					2070
					200
				ges.:	4160

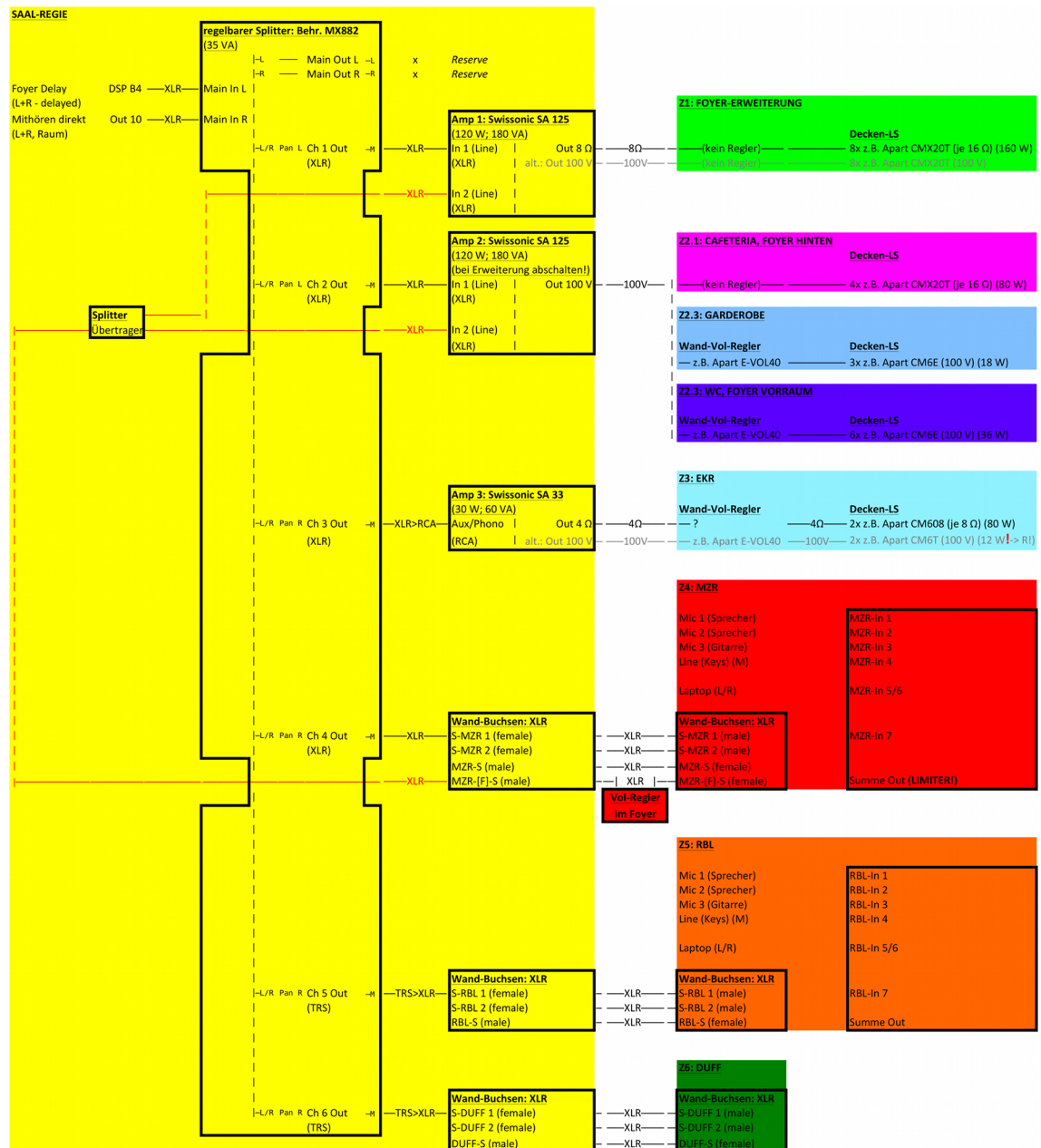
Bus	
1	Schlagzeug
2	Bass-Return
3	Bass, Rh-Git 1
4	Violine, Pannflöte / BG-Gesang 1, 2
5	Chor
6	Keys
7	Lead-Gesang 1, 2, 3 / Lead-Git, Rh-Git 2
8	Reserve-Monitor / (Frontfill)
9-L 9-R	Sprache, ggf. Lead-Gesang
10-L 10-R	Raum L, Raum R
11-L 11-R	z. B. Raum L (oder spezieller Mix) (od. z. B. Raum R (oder spezieller Mix))
12-L 12-R	z. B. Raum R (oder spezieller Mix) (od. <i>Res.</i>)
13-L 13-R	Effekt 1 (-L) (Effekt 1-R)
14-L 14-R	Effekt 2 (-L) (Effekt 2-R)

Matrix	Mix
Matrix 1 (-L)	L, R, Bus 9 (-L)
Matrix 2 (-L)	L, R, Bus 10 (-L)
Matrix 3 (-L) (Matrix 3-R)	L, Bus 11 (-L)
Matrix 4 (-L) (od. Matrix 3-R) (Matrix 4-R)	R, Bus 12 (od. 11-R) (od. <i>Reserve</i>)
Matrix 5	<i>Reserve</i>
Matrix 6	<i>Reserve</i>

Anlage 4: Patchbay mit Standardverkabelung Bühne / Mischpult

Bühne	Pult	Name
A1	Local In 1	Bassdrum
A2	Local In 2	Snare
A3	Local In 3	Tom A / TT-H
A4	Local In 4	Tom B / TT-M
A5	Local In 5	Tom C / Stand-Tom
A6	Local In 6	Hi-Hat
A7	Local In 7	Overhead L / Ride
A8	Local In 8	Overhead R / <i>Reserve</i>
A9	Local In 9	Bassgitarre
A10	-	<i>Reserve</i>
Ax1	An. Out 1	Schlagzeug
Ax2	An. Out 2	Bass-Return
B1	Local In 10	Rhythmus-Gitarre (A/E) 1
B2	Local In 17	Violine / BG-Gesang 1
B3	Local In 18	Panflöte / BG-Vocals 2
B4	Local In 22	Chor-Sopran / Chor L
B5	Local In 23	Chor-Alt / Chor R
B6	Local In 24	Chor-Tenor / <i>Reserve</i>
B7	Local In 25	Chor-Bass / <i>Reserve</i>
B8	-	<i>Reserve</i>
Bx1	An. Out 3	Bass, Rh-Git 1
Bx2	An. Out 4	Violine, Panflöte / BG-Gesang 1, 2
Bx3	An. Out 5	Chor
C1	Local In 13	Stage-Piano L
C2	Local In 14	Stage-Piano R
C3	Local In 15	Synthesizer L / <i>Reserve</i>
C4	Local In 16	Synthesizer R / <i>Reserve</i>
C5	Local In 11	Rhythmus-Gitarre (A/E) 2
C6	Local In 12	Lead-Gitarre (A/E)
C7	Local In 19	Lead-Gesang 1
C8	Local In 20	Lead-Gesang 2
C9	Local In 21	Lead-Gesang 3
C10	-	<i>Reserve</i>
Cx1	An. Out 6	Keys
Cx2	An. Out 7	Lead-Gesang 1, 2, 3 / Lead-Git, Rh-Git 2
Cx3	An. Out 8	<i>Reserve-Monitor</i> / (Frontfill)
Cx4	-	<i>Reserve</i>
D1	Local In 29	Rednerpult
D2	Aux In 3	Zuspieler 2 L: Rednerpult-PC
D3	Aux In 4	Zuspieler 2 R: Rednerpult-PC
D4	-	<i>Reserve</i>
Dx1	-	<i>Reserve</i>
E1	-	<i>Reserve</i>
E2	-	<i>Reserve</i>
E3	-	<i>Reserve</i>
E4	-	<i>Reserve</i>

Anlage 5: Tonverteilungskonzept Nebenräume



Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Schneeberg, 8. August 2013

Sebastian Löffler